



---

# **Diplomarbeit**

---

Herr/Frau  
**Ing. Johannes Rehm**

**Wirtschaftlichkeitsbetrachtung  
der Instandhaltung unter  
besonderer Berücksichtigung  
der Komponentenreparatur**

**2018**

# **Diplomarbeit**

---

## **Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Instandhaltung unter besonderer Berücksichtigung der Komponentenreparatur**

Autor/in:

**Herr Ing. Johannes Rehm**

Studiengang:

**WiBg16**

Seminargruppe:

**KW14wBA**

Erstprüfer:

**Prof. Dr. rer. Pol Andreas Schmalfuß**

Zweitprüfer:

**Prof. Dr. rer. Nat. Thoralf Gebel**

# **Diplom THESIS**

---

## **Economy analysis of maintenance with special regard to component repair**

author:

**Mr. Ing. Johannes Rehm**

course of studies:

**WiBgz16**

seminar group:

**KW14wBA**

first examiner:

**Prof. Dr. rer. Pol Andreas Schmalfuß**

second examiner:

**Prof. Dr. rer. Nat. Thoralf Gebel**

## **Bibliografische Angaben**

Nachname, Vorname: Rehm, Johannes

Thema der Bachelorarbeit

**Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Instandhaltung unter besonderer Berücksichtigung der Komponentenreparatur**

Topic of thesis

**Economy analysis of maintenance with special regard to component repair**

102 Seiten, Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences,  
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen, Diplomarbeit, 2018

## Abstrakt

Thema der Diplomarbeit ist eine „Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Instandhaltung unter besonderer Berücksichtigung der Komponentenreparatur“.

In unserem Unternehmen haben wir verschiedene Instandhaltungsabteilungen in nahezu jedem einzelnen unserer sieben Produktionswerke. Diese Abteilungen sind größtenteils über die Jahre mit dem Unternehmen mitgewachsen. Nicht immer sind aber auch die nötigen Arbeitsprozesse und Vorgaben in entsprechender Weise überarbeitet und hinterfragt worden. Oftmals wurden sie ein wenig adaptiert, nach Bedarf erweitert oder im Laufe der Zeit haben sich etablierte Vorgehensweisen zu Regelungen gewandelt.

Eine immer wieder auftauchende Frage ist, ob unsere Instandhaltung, über alle Bereiche gesehen, wirtschaftlich und effektiv arbeitet. Es ist nämlich festzustellen, dass in unterschiedlichen Instandhaltungsbereichen unterschiedliche Meinungen und Vorgaben bzgl. der Reparatur von Komponenten und Maschinenteilen herrschen. Es ist nicht einheitlich geregelt, in welchem Zustand oder ab welchem Wert ein Bauteil repariert werden soll und wann sich die Reparatur nicht mehr lohnt. Zudem gibt es in den verschiedenen Bereichen unterschiedlichen Workflows, wie die Bauteile zur Reparatur kommen und wie die Reparatur durchgeführt wird.

Ein weiterer Punkt ist, dass die einzelnen Arbeitsschritte der beteiligten Bereiche bisher nicht übersichtlich festgehalten sind. Somit ist es schwer nachzuvollziehen, selbst für die durchführenden Stellen, welche Abteilungen bei der Reparatur insgesamt noch involviert sind und welche Arbeiten dort erledigt werden müssen. Auch die Zeitaufwände für diese Tätigkeiten sind bisher nicht erfasst und bewertet worden.

Diese Themen sollen in der folgenden Arbeit aufgearbeitet werden.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>IX</b>
<b>Formelverzeichnis.....</b>	<b>XI</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>XII</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>XIII</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung .....	1
1.2 Zielsetzung.....	2
1.3 Methodisches Vorgehen.....	3
<b>2 Vorstellung der Julius Blum GmbH Beschlägefabrik .....</b>	<b>5</b>
<b>3 Instandhaltung .....</b>	<b>7</b>
3.1 Definition des Begriffes „Instandhaltung“ .....	7
3.2 Tätigkeiten in der Instandhaltung .....	7
3.2.1 Wartung .....	9
3.2.2 Inspektion .....	10
3.2.3 Instandsetzung.....	11
3.2.4 Verbesserung .....	12
3.3 Arten der Instandhaltung.....	12
3.3.1 Ausfallbasierte Instandhaltung – Feuerwehrtaktik .....	13
3.3.2 Zeitbasierte Instandhaltung.....	14
3.3.3 Zustandsabhängige Instandhaltung .....	16
3.3.4 Vorausschauende Instandhaltung .....	17
3.3.5 Auswahl der Instandhaltungsstrategie.....	18
3.4 Messung der Wirtschaftlichkeit.....	18
3.4.1 Definition der Wirtschaftlichkeit .....	18
3.4.2 Kennzahlen in der Instandhaltung .....	19
<b>4 Bedeutung der Instandhaltung und Bauteilreparatur für ein Unternehmen in der Massenproduktion.....</b>	<b>21</b>
4.1 Sicherheitstechnische Aspekte.....	22
4.2 Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Produktionsanlagen .....	24
4.3 Opportunitätskosten von Maschinen-Ausfallzeiten .....	27
4.4 Werterhalt von Maschinen und Anlagen.....	29

---

4.5	Umweltschutz und Instandhaltung.....	30
<b>5</b>	<b>Aktuelle Vorgaben und Arbeitsschritte in der Bauteilreparatur.....</b>	<b>32</b>
5.1	Organisation der Instandhaltung .....	32
5.2	Derzeitiger Workflow der Bauteilreparatur.....	35
5.2.1	Ausbau aus der Anlage.....	35
5.2.2	Workflow interne Reparatur.....	37
5.2.3	Workflow externe Reparatur bei Fremdfirmen.....	45
<b>6</b>	<b>Wirtschaftlichkeitsbeurteilung der aktuellen Entscheidungskriterien für oder gegen eine Reparatur.....</b>	<b>48</b>
6.1	Firmenintern entstehende Kosten .....	49
6.1.1	Verwaltungskosten für eine interne Reparatur .....	50
6.1.2	Verwaltungs- und Transportkosten externe Reparatur .....	53
6.2	Bewertung der aktuellen Reparaturprozesse.....	54
6.2.1	Zerspanung Werk 3 .....	57
6.2.2	Baugruppenreparatur .....	57
6.2.3	Reparatur bei Drittfirmen.....	60
6.3	Zusammenfassung.....	62
<b>7</b>	<b>Künftiges Entscheidungskriterium für oder gegen eine Reparatur.....</b>	<b>64</b>
7.1	Outsourcing oder Eigeninstandhaltung bzw. Make or Buy.....	66
7.1.1	Outsourcing der Inha-Aufgaben .....	66
7.1.2	Make or Buy für Ersatzteile .....	70
7.1.3	Übertragung der Argumente auf das Unternehmen.....	72
7.2	Betrachtung möglicher Varianten für eine Bauteil- und Komponenten-Reparatur .....	74
7.2.1	Variante Mindestreparaturwert .....	75
7.2.2	Variante „Ersparnis“ .....	77
7.2.3	Variante prozentualer Reparaturwert im Verhältnis zum Neuanschaffungswert .....	78
7.2.4	Reparaturkosten in Abhängigkeit der Nutzungsdauerverlängerung .....	80
7.2.5	Würdigung und Gegenüberstellung der Varianten.....	81
<b>8</b>	<b>Entwicklung eins Phasenmodells zur Einführung .....</b>	<b>83</b>
8.1	Festlegung eines geeigneten Entscheidungskriteriums .....	83
8.2	Definition und Bewertung von Reparaturkriterien .....	84
8.3	Berücksichtigung und mögliche Prozess- Optimierung der involvierten Bereiche.....	90

---

8.3.1	Überprüfen der aktuell entscheidungsbefugten Bereiche .....	91
8.3.2	Reparaturdokumentation.....	92
8.3.3	Kennzeichnen reparierbarer Komponenten.....	94
<b>9</b>	<b>Abschluss.....</b>	<b>95</b>
9.1	Zusammenfassung.....	95
9.2	Handlungsempfehlung .....	99
9.3	Konsequenzen .....	100
<b>Literaturverzeichnis .....</b>		<b>XI</b>
<b>Anlagen.....</b>		<b>XVI</b>
<b>Eigenständigkeitserklärung .....</b>		<b>XX</b>



---

## Abkürzungsverzeichnis

Abs.	Absatz
Absch.	Abschnitt
AM-VO	Arbeitsmittel-Verordnung
ASchG	ArbeitnehmerInnenschutzgesetz
BE	Betrachtungseinheit
Bgr.	Baugruppe
BMBF	Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung
Bzgl.	bezüglich
CM	Condition Monitoring (permanente Zustandsüberwachung)
CMMS	Computer Managed Maintenance System
CPS	Cyber Physical Systems
Dgl.	Dergleichen
EH	Einheiten (im Sinne von Komponenten)
Gem.	Gemäß
HR	Human Resources
Jhdt.	Jahrhundert
Inha	Instandhaltung
KMU	klein- und mittelständische Unternehmen
KVP	kontinuierlicher Verbesserungsprozess
Mrd.	Milliarde
Rep	Reparatur

---

TPM	Total Productive Maintenance
UGB	Unternehmensgesetzbuch
u.U.	unter Umständen
Usw.	und so weiter
Zng.	Zeichnung
z.T.	zum Teil

## Formelverzeichnis

MTBF	Meantime Between Failure
MTTR	Meantime to Repair
MTTPM	Meantime to Preventive Maintenance

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Hufstollen .....	5
Abbildung 2: ANUBA- Möbelbänder .....	5
Abbildung 3: Belieferte Länder .....	6
Abbildung 4: Tätigkeiten der Instandhaltung.....	8
Abbildung 5: Wartung von Maschinen .....	9
Abbildung 6: Durchführungsmöglichkeiten einer Instandsetzung.....	11
Abbildung 7: Instandhaltungsstrategien.....	13
Abbildung 8: Optimaler Austauschzeitpunkt .....	15
Abbildung 9: Zustandsabhängige Instandhaltung .....	16
Abbildung 10: Zeitliche Entwicklung der Ausfallrate.....	24
Abbildung 11: Zusammenspiel verschiedener Bereich .....	26
Abbildung 12: Instandhaltungsbereiche.....	34
Abbildung 13: Reparaturworkflow Produktionswerkstatt .....	37
Abbildung 14: Reparaturworkflow Produktionswerkstatt mit Auftrag .....	38
Abbildung 15: Reparaturworkflow Zerspanung Werk 3 .....	40
Abbildung 16: Reparaturworkflow Baugruppenreparatur .....	44
Abbildung 17: Reparaturworkflow externe Reparatur .....	46
Abbildung 18: Übersicht Reparaturworkflow .....	49
Abbildung 19: Workflow Reparatur im Produktionswerk .....	50
Abbildung 20: Workflow Reparatur in der Baugruppenreparatur.....	51
Abbildung 21: Workflow Reparatur im Werk 3 .....	52
Abbildung 22: Workflow Reparatur bei Drittfirmen .....	53
Abbildung 23: Prozessdarstellung .....	54
Abbildung 24: Effektivität und Effizienz.....	55
Abbildung 25: Reparaturprozessdarstellung .....	56
Abbildung 26: Make or Buy Feldeinteilung .....	71
Abbildung 27: Make or Buy Matrix.....	71
Abbildung 28: Überwachung von industriellen Inha- Prozessen .....	102

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Schwachpunkte Reparaturorte.....	62
Tabelle 2: Beurteilung der Wirtschaftlichkeit.....	63
Tabelle 3: Reparaturvarianten .....	81
Tabelle 4: Bewertung der Entscheidungskriterien.....	86

# 1 Einleitung

Ein altes Sprichwort lautet: „Wo gehobelt wird, da fallen Späne“. In der modernen Automatisierungstechnik mit hochtechnisierten Maschinen liegt es in der Natur der Sache, dass sich die Handling-Einheiten regelmäßig abnutzen. Je schneller Handlings bewegt werden, je kürzer also die Maschinentaktzeiten werden, umso mehr Bauteile fallen in den Produktionsanlagen aus. Schnelle Maschinen sind zum einen natürlich gut für das Geschäft, das bedeutet aber auch andererseits, dass die Instandhaltungstechniker dauerhaft gefordert sind, die Maschinen in gutem Zustand zu halten und ausfallgefährdete Komponenten rechtzeitig auszuwechseln und wenn möglich wieder instand zu setzen.

## 1.1 Problemstellung

In unserem Unternehmen verfügen wir über insgesamt sieben Werke, wobei die Produktherstellung nicht in allen Werken stattfindet. Unter den Produktionsmaschinen befinden sich nicht nur über 300 Linearmontageanlagen, sondern auch Sondermaschinen, Pressen, Kunststoffspritzgießmaschinen, Lagermaschinen und viele mehr.

Für alle diese Maschinen und Geräte muss in entsprechender Weise auch eine Instandhaltung und Reparatur gegeben sein. Denn die Frage ist nicht, ob etwas verschleißt und/oder kaputt geht, sondern lediglich wann und wie groß der Schaden ist.

In jedem einzelnen der Produktionswerke sind mehrere, zum Teil hochspezialisierte Instandhaltungsabteilungen untergebracht. Zu den sehr spezialisierten Bereichen gehören die Instandhaltung und Reparatur von Werkzeugen, Standardbaugruppen usw..... Es gibt aber natürlich auch die Allrounder, die jegliche Art von Reparatur ausführen, seien es Hydraulikzylinder, Elektromotoren, Getriebe, elektrische- oder pneumatische Achsen und vieles mehr.

Bislang gibt es keine einheitlichen Reparaturvorgaben. Jede Reparaturart hat ihre eigenen Richtlinien, ab und bis zu welchem Bauteilzustand oder Bauteilwert sich eine Reparatur lohnt oder eben nicht. Dieser Umstand kann zu sehr kontroversen Situationen führen.

Das soll heißen, dass möglicherweise im einen Instandhaltungsbereich etwa Bauteile, Komponenten, Maschinen und alles, was sonst noch so anfällt, weggeworfen werden,

welche in einem anderen Werk oder Bereich noch wie selbstverständlich repariert werden.

Diese Tatsache ist eben dem Umstand geschuldet, dass es keine einheitliche Vorgehensweise gibt, sondern die Entscheidung über Reparatur ja/nein fast ausschließlich der Erfahrung und der Einschätzung der Mechaniker in den Werken überlassen wird.

## 1.2 Zielsetzung

Das Ziel der Diplomarbeit ist es, die aktuelle Wirtschaftlichkeit unserer Instandhaltung, speziell des Reparaturverfahrens, zu hinterfragen. Eine nicht durchdachte Inha kann das Unternehmen viel Geld kosten, in Form von verschenkten Restlaufzeiten, ineffizienten Arbeitsabläufen und in der Folge von unkalkulierbaren Maschinenstillständen.

Es ist also von großer Bedeutung, dass die Instandhaltung möglichst effizient arbeitet.

Die effiziente Arbeit beginnt bei den Mechanikern, welche tagtäglich damit beschäftigt sind, die Maschinen am Laufen zu halten. Ständig müssen sie bereit sein, Störungen zu beheben, ungeplante Maschinenausfälle zu beseitigen, Komponenten zu tauschen und deren Reparatur zu veranlassen, oder ggf. die Reparatur selbst durchzuführen. Sie müssen ebenso eine Ersteinschätzung treffen, ob sich eine Reparatur lohnt oder nicht. In weiterer Folge müssen sich die Disponenten einen Überblick bewahren, wo Ersatzteile bestellt werden müssen, welche Ersatzteile bei der Reparatur sind und ob sich für die bei ihnen abgegebenen Komponenten eine Reparatur überhaupt lohnt. Je besser diesen Personen bewusst ist, welche Arbeiten in den tangierenden Bereichen durchzuführen sind, was das Kostet und wo die Grenzen einer Reparaturwürdigkeit liegen, desto effizienter können sie die Komponentenreparatur bewerkstelligen.

Daher sollten als Teilziele gesetzt werden:

- Aufarbeitung des Reparaturworkflows mit allen am Ablaufprozess beteiligten Personen und Stellen
- Mögliche Optimierungen und Einsparungspotential am Workflow
- Welche Arbeitsschritte und Verwaltungskosten fallen unternehmensintern an, um eine Reparatur in der eigenen Instandhaltung durchzuführen

- Welche Arbeitsschritte und Verwaltungskosten fallen unternehmensintern an, um eine Reparatur bei einem anderen Unternehmen durchzuführen zu lassen
- Ausarbeitung der Grenzen, in denen die Reparaturwürdigkeit liegt
- Müssen Komponenten früher aus den Anlagen ausgebaut werden, um eine Reparatur zu ermöglichen? Bietet diese Vorgehensweise Einsparungspotential? Hier wäre zu berücksichtigen, wann der Tausch stattfindet → Bauteiltausch heißt Anlagenstillstand

Am Ende soll optimalerweise möglichst umfangreich geklärt sein, was eine Bauteilreparatur aus Sicht der intern anfallenden Verwaltungsarbeiten kostet und unter welchen Voraussetzungen bzw. Grenzwerten eine Reparatur sinnvoll ist.

### **1.3 Methodisches Vorgehen**

Als erstes werden eine kurze Einleitung und die Erläuterung der Problemstellung das Thema der Diplomarbeit näherbringen

Im zweiten Abschnitt der Diplomarbeit sollen einige Grundlagen zum Thema Instandhaltung aufbereitet werden, wie etwa Begriffsdefinitionen und Formen bzw. Unterschiede von verschiedenen Instandhaltungsstrategien. Nicht zuletzt die Instandhaltungsstrategie kann einen erheblichen Einfluss auf die Möglichkeit einer Reparatur haben. Je früher Bauteile ausgebaut werden, desto eher können sie instandgesetzt werden. Allerdings bedeuten häufige Komponenten-Austauschaktionen auch häufige Stillstände. Es ist also der optimale Mittelweg anzustreben.

Im dritten Teil der Arbeit soll auf die Bedeutung der Instandhaltung eingegangen werden. Sie ist unerlässlich damit beschäftigt, die Maschinen in einem ordentlichen Zustand zu halten oder sie dahin zurückzusetzen, um eine möglichst ausfallarme Produktion zu gewährleisten.

Im Anschluss daran sollen die aktuellen Zustände untersucht und hinterfragt werden. Es gilt Arbeitsweisen aufzuarbeiten, betreffende Stellen festzustellen, Arbeitsaufwände und Kosten zu erfassen, sowie diese Aufwände und Kosten mit dem Nutzen, den sie bringen, zu vergleichen. Das Ergebnis sollte eine Darstellung der aktuellen Verhältnisse sein.



In weiterer Folge soll versucht werden, eine Basis zu schaffen, ab wann sich eine Reparatur lohnt oder nicht. Zwei Fragen, die dazu schon im Vorfeld der Diplomarbeit aufgetaucht sind, sollen dann möglichst gut beantwortet werden:

- Welcher Reparaturwert muss erreicht werden, damit sich die Reparatur lohnt? Sind die Reparaturkosten nämlich höher als die internen Wiederbeschaffungskosten, ist es günstiger, die Komponente neu zu kaufen.
- Welcher Reparaturwert soll/darf, gemessen am Komponentenneuwert, nicht überschritten werden?  
Erreichen die Reparaturkosten nahezu den Komponentenneuwert, ist es sinnvoller, die Komponenten neu zu bestellen. Hier spielen Themen eine Rolle, wie Garantie, Komponentenlebensdauer usw....

Daran anschließend soll eine mögliche Umsetzung der ausgearbeiteten Punkte im Unternehmen überprüft werden.

Es soll hierbei definiert werden, wer genau die Entscheidung für oder gegen eine Reparatur unter welchen Bedingungen fällt. Sind bereits jetzt die richtigen Stellen dafür zuständig, müssen die entscheidenden Bereiche erweitert oder verkleinert werden, soll jedes Werk einzeln die Entscheidung für oder gegen eine Reparatur treffen, oder soll diese Entscheidung in einem Werk zentral getroffen werden?

Im Abschluss sollen die wichtigsten Punkte der Diplomarbeit kurz und prägnant zusammengefasst werden. Selbst wenn nicht die komplette Arbeit gelesen wird, sollen die wichtigsten Punkte klar hervorgehoben werden.

Weiters soll auch eine knapp gehaltene Handlungsempfehlung nicht fehlen, ob und in welcher Form mögliche Verbesserungen umgesetzt werden können.

## 2 Vorstellung der Julius Blum GmbH Beschlägefabrik

Die Julius Blum Beschlägefabrik wurde am 1. März 1951 durch Julius Blum, einem gelernten Huf- und Wagenschmied, in Höchst/Österreich gegründet. Die ersten Produkte, die damals hergestellt wurden, waren Hufstollen, ein Gleitschutz für Pferdehufeisen.



Abbildung 1: Hufstollen

Quelle: Julius Blum GmbH

Allerdings nahm die Technik in der Landwirtschaft in den 50er Jahren des 20. Jhdt. rasant Fahrt auf und der Bedarf an Hufstollen ging rapide zurück. So war der Firmengründer gezwungen, sich neue Geschäftsfelder zu suchen.

In der benachbarten Schweiz wird Julius Blum 1958 schließlich fündig. Dort findet er einen Schrank-, Türen- und Fensterbeschlaghersteller, für dessen Produkte er zur Herstellung die richtigen Produktionsmaschinen hatte. So beginnt er in Lizenz die ANUBA-Möbelbänder zu produzieren.



Abbildung 2: ANUBA- Möbelbänder

Quelle: Julius Blum GmbH

Ab 1964 werden dann die ersten Möbelbänder selbst entwickelt. In den folgenden Jahren folgen selbst entwickelte Rollschubführungen, Auszugsysteme und Klappensysteme, die das Sortiment immer weiter ergänzen.

Heute ist die Julius Blum GmbH der größte Arbeitgeber in Vorarlberg und ein weltweit agierendes Unternehmen. Über 5.500 Personen arbeiten derzeit in Österreich für das Unternehmen, ca. 7.300 sind es weltweit. Unter diesen Mitarbeitern befinden sich aktuell auch 342 Lehrlinge, davon 326 am Standort in Vorarlberg und 26 bei der Tochtergesellschaft in Charlotte/ USA.

An insgesamt 7 Standorten in Vorarlberg werden Klappensysteme, Scharniersysteme, Auszugssysteme und entsprechende Verarbeitungshilfen, die speziell den Handwerksbetrieben zur einfachen und komfortablen Montage unserer Produkte angeboten werden, entwickelt und produziert.

Zum Einsatz kommen unsere Produkte vorwiegend in der Küche. Aber auch im Wohnzimmer, Schlafzimmer, Bad usw. sind die Produkte zu finden, wobei aber keine kompletten Küchen oder Bäder und dgl. hergestellt werden.

Vertreten durch 29 Tochtergesellschaften und Repräsentanzen beliefert die Julius Blum GmbH über 120 Länder weltweit und erwirtschaftet dabei über 1,5 Mrd. Euro Umsatz pro Jahr.



Abbildung 3: Belieferte Länder

Quelle: Julius Blum GmbH

Der Hauptmarkt befindet sich in der EU, wo beinahe 50% des Umsatzes erzielt werden. Den zweitgrößten Einzelmarkt stellen die USA dar. Den restlichen Umsatzanteil teilen sich die übrigen belieferten Länder der Welt.

## 3 Instandhaltung

### 3.1 Definition des Begriffes „Instandhaltung“

Nach DIN 31051 umfasst der Begriff der Instandhaltung im weiteren Sinne die Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen, auch des Managements, um während des gesamten Lebenszyklus einer Betrachtungseinheit deren funktionsfähigen Zustand zu erhalten oder die Betrachtungseinheit dorthin zurückzuführen. Als Betrachtungseinheit wird jedes Gerät, Teilsystem, Bauelement, Funktionseinheit oder System angesehen, welches für sich allein betrachtet werden kann<sup>1</sup>.

### 3.2 Tätigkeiten in der Instandhaltung

Solange die Betrachtungseinheiten existieren und genutzt werden, unterliegen die BE einem Verschleiß, Alterung und Korrosion.

Aber auch ohne Benutzung kommt es durch natürliche Vorgänge zum Verfall. Fremdeinwirkungen thermischer, chemischer, mechanischer oder physikalischer Art verursachen die Zerstörung von BE. Beispielsweise altern Kunststoffe durch Molekülabbau<sup>2</sup>.

Das erklärte Ziel der Instandhaltung ist es, wie in der Definition des Begriffes bereits erwähnt, Maschinen und Anlagen stets instand und damit einsatzbereit zu halten. Verschleiß, Abnutzung, Zerstörung oder Verfallsvorgänge sollen verzögert werden, um so weit wie möglich eine störungsfreie Nutzung von BE zu erzielen, oder eine nachteilige Nutzung zu vermeiden. Verhindern lassen sich diese Zerstörungsformen nämlich nicht.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. Strunz, Matthias; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, Seite 1

<sup>2</sup> Vgl. Strunz, Matthias; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, Seite 2

<sup>3</sup> Vgl. Strunz, Matthias; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, Seite 4

Die Instandhaltung kann daher sinnvollerweise in folgende Teilbereiche untergliedert werden<sup>4</sup>:



Abbildung 4: Tätigkeiten der Instandhaltung

Quelle: Härdler; Gonschorek: Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure, S 185

Der tatsächlich anfallende Aufwand für die jeweiligen Instandhaltungstätigkeiten hängt dabei einerseits von der konstruktiven Ausführung der Komponenten ab, aber genauso auch vom Alter der BE und ihrem aktuellen Zustand und darüber hinaus existiert natürlich eine wesentliche Abhängigkeit zur betrieblichen Abnutzung, die von den produzierten Mengen abhängt und wiederum von der Absatzplanung vorgegeben wird.

Die Inha beeinflusst den Betriebsaufwand und dadurch auch die Kostenseite der Erfolgsplanung. Sie hat damit unter anderem wesentlichen Einfluss auf die Mindestverkaufspreise und somit entsteht in der Folge eine Wechselwirkung zum Absatz.

Am Ende entscheidet der wirtschaftliche Erfolg des Unternehmens wieder darüber, welche Reinvestitionen getätigt werden können, was direkt Einfluss auf das (mittlere) Alter der Produktionsmittel hat und das beeinflusst wiederum den Inha- Bedarf. Und so schließt sich der Kreis wieder<sup>5</sup>.

<sup>4</sup> Vgl. Härdler, Jürgen; Gonschorek, Torsten: Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure: Lehr- und Praxisbuch, Carl-Hanser Verlag, München, 2016, Seite 185

<sup>5</sup> Vgl. Leidinger, Bernhard; Wertorientierte Instandhaltung, Kosten senken, Verfügbarkeit erhalten, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014, Seite 5

### 3.2.1 Wartung

Unter einer Wartung versteht man im Großen und Ganzen sämtliche anfallende Tätigkeiten, deren Ziel die Verzögerung des Abbaus von vorhandenen Abnutzungsvorräten ist. Darunter fallen Tätigkeiten wie reinigen, imprägnieren, schmieren, konservieren usw., welche grob als Pflegetätigkeiten bezeichnet werden können. Es zählen aber auch Nachstell Tätigkeiten sowie Auswechseln von Komponenten zur Wartungstätigkeit.

In Abbildung 2 ist zu sehen, welche Auswirkung eine Wartungstätigkeit auf den Zustand einer Komponente hat. Wird bei Erreichen der Abnutzungsgrenze eine Wartung durchgeführt, kann der Neuzustand - oder ein Zustand nahe am Neuzustand - der Komponente wiederhergestellt werden. Wird die Abnutzungsgrenze allerdings unterschritten, kann dies zu schweren Schäden oder Zerstörung der Komponente führen.

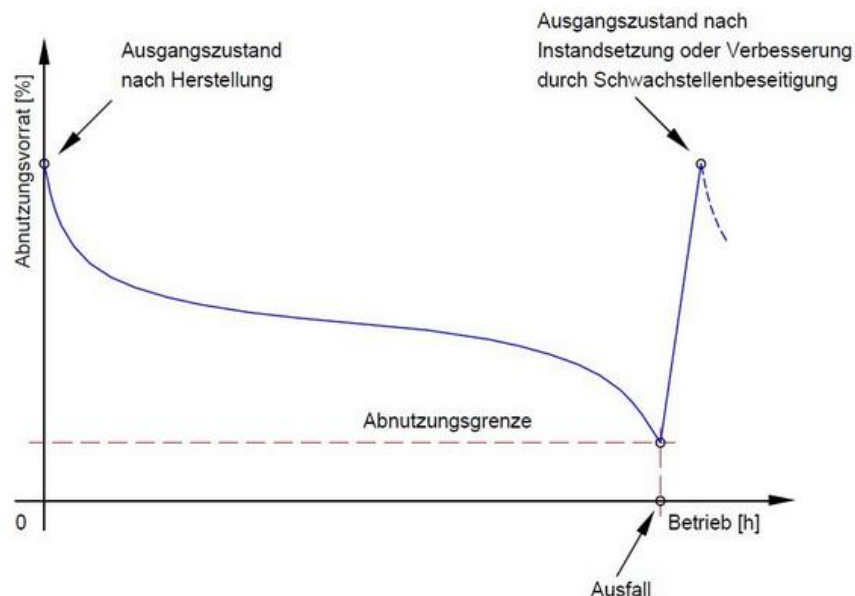


Abbildung 5: Wartung von Maschinen

Quelle: <https://www.i-care-deutschland.de/2014/10/20/vorausschauende-instandhaltung>

Heutzutage wird die Wartung bzw. die Bestimmung des Wartungsintervalls von Komponenten häufig rechnergestützt durchgeführt, um die Wartung wirtschaftlich und zweckgerecht durchführen zu können.

Das Ergebnis ist ein Wartungsplan, welcher Zeit, Ort Termin und Merkmalswerte, ggf. auch gesetzliche Auflagen, enthält<sup>6</sup>.

### 3.2.2 Inspektion

Die Inspektion beinhaltet Maßnahmen, welche die Beurteilung sowie die Feststellung des Istzustandes einer betrachteten Einheit beinhaltet. Es soll ferner auch die Ursache einer Abnutzung bestimmt werden, sodass bei künftigen Anwendungen auch Konsequenzen daraus gezogen werden können.

Eine Inspektion kann unterteilt werden in

- Sichtinspektion, welche eine einfach Prüfung der zu begutachtenden Einheit von außen beinhaltet, um Mängel oder den noch vorhandenen Nutzungsvorrat festzustellen.
- Zustandsinspektion, welche mit technischen Hilfsmitteln verborgene Mängel, wie etwa Risse, Verschleißstellen oder andere Schwachstellen aufspüren soll. Dabei sind die festgestellten und gemessenen Werte mit vorher definierten Sollwerten zu vergleichen.
- Funktionsinspektion, welche vom bedienenden Personal vor, aber auch während der Produktion durchgeführt wird. Die festgestellten Funktionsabweichungen erfordern in vielen Fällen aber noch weitere detailliertere Fehlersuchen<sup>7</sup>.

Die Zustandsfeststellung erfolgt durch Messen oder Prüfen. Als Messen wird ein experimenteller Vorgang verstanden, bei dem ein spezieller Wert einer physikalischen Größe als Vielfaches einer Einheit oder Bezugswertes ermittelt wird.

Durch die Prüfung soll festgestellt werden, ob die betrachtete Einheit die vereinbarten, erwarteten oder auch (gesetzlich) vorgeschriebenen Bedingungen erfüllt. Es gilt insbesondere festzustellen, ob Toleranzen und Fehlergrenzen eingehalten werden.

---

<sup>6</sup> Vgl. Hädler, Jürgen; Gonschorek, Torsten: Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure: Lehr- und Praxisbuch, Carl-Hanser Verlag, München, 2016, Seite 185 ff

<sup>7</sup> Vgl. Hädler, Jürgen; Gonschorek, Torsten: Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure: Lehr- und Praxisbuch, Carl-Hanser Verlag, München, 2016, Seite 187

Mit dem Prüfen kann somit auch immer eine Entscheidung verbunden werden werden<sup>8</sup>.

### 3.2.3 Instandsetzung

Unter der Instandsetzung versteht man eine klassische Reparatur. Sie umfasst alle Tätigkeiten, seien sie geplant oder ungeplant, um eine Maschine oder Anlage in den funktionsfähigen Sollzustand zurückzusetzen.

Die Reparatur kann entweder durch Ausbessern erfolgen, was einer Instandsetzung durch eine (Nach-)Bearbeitung entspricht.

Oder es wird eine Reparatur in Form eines Teileaustausches durchgeführt. Das defekte oder verschlissene Teil wird dabei gegen ein Neues ausgetauscht<sup>9</sup>.

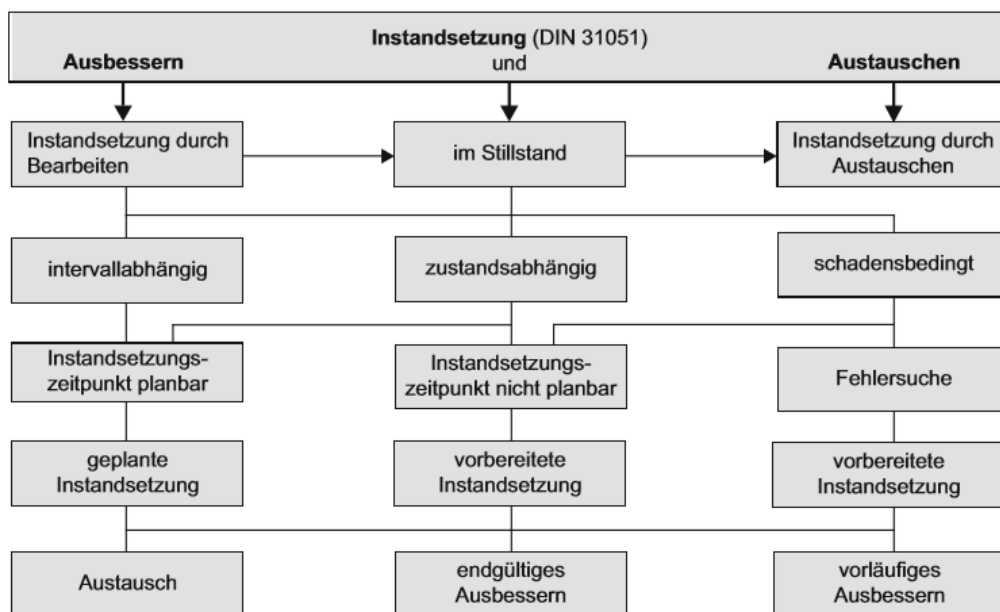


Abbildung 6: Durchführungsmöglichkeiten einer Instandsetzung

Quelle: Strunz; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, S 6

<sup>8</sup> Vgl. Strunz, Matthias; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, Seite 46

<sup>9</sup> Vgl. Härdler, Jürgen; Gonschorek, Torsten: Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure: Lehr- und Praxisbuch, Carl-Hanser Verlag, München, 2016, Seite 187



Die Instandsetzungsarbeiten erfolgen entweder schadensbedingt, wenn die Maßnahmen erst nach Ausfall der BE ergriffen bzw. erkannt werden, oder intervallabhängig, d.h. in Abhängigkeit von (Kalender-)Zeit, Betriebszeit, Stückzahl oder ähnlichen Parametern, wenn diese überschritten werden, aber auch zustandsabhängig, wenn die Prüfung im Rahmen der Inspektion dies ergibt<sup>10</sup>.

### **3.2.4 Verbesserung**

Die letzte Instandhaltungsmaßnahme ist die Verbesserung. Sie verkörpert eine Kombination aus technischen und administrativen Maßnahmen der Inha sowie Maßnahmen des Managements, die zur Steigerung und Funktionssicherheit einer Anlage beitragen. Die Funktion der Anlage wird dabei aber nicht verändert<sup>11</sup>.

Es geht schlichtweg darum, dass während dem Betrieb erkannte Schwachstellen nach und nach ausgebessert werden. So können z.B. Bauteile durch gleiche Teile mit höherer Festigkeit ausgetauscht werden, oder Materialoberflächen durch Härtung verschleißfester gestaltet werden. Oft handelt es sich um Schwachstellen, die speziell bei komplexen Konstruktionen übersehen wurden.

## **3.3 Arten der Instandhaltung**

Eine Anlagen-Instandhaltung lässt sich mit verschiedenen Strategien bewerkstelligen. Diese Strategien unterscheiden sich zum Ersten hinsichtlich des Zeitpunktes, an welchem eine Instandhaltungsmaßnahme durchgeführt wird und zweitens auch in den Zeitabständen, die zwischen den Maßnahmen liegen.

Bei der Wahl und dem Umfang von Wartungen, Reparaturen usw. müssen nicht nur wirtschaftliche und produktionsrelevante Aspekte berücksichtigt werden, sondern es müssen auch gesetzliche und sicherheitstechnische Vorgaben eingehalten werden.

---

<sup>10</sup> Vgl. Strunz, Matthias; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, Seite 68/69

<sup>11</sup> Vgl. Hårdler, Jürgen; Gonschorek, Torsten: Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure: Lehr- und Praxisbuch, Carl-Hanser Verlag, München, 2016, Seite 188

Ganz grundsätzlich kann man hierbei in reaktive und präventive Strategien unterteilen. Die reaktive Instandhaltung reagiert, im Gegensatz zur präventiven Instandhaltung, nur bzw. erst beim Auftreten eines Reparaturbedarfs oder eines Schadensfalles.

Präventive Instandhaltung lässt sich dabei noch weiter in periodisch-vorbeugende Instandhaltung, zustandsabhängige Instandhaltung und vorausschauende Instandhaltung unterteilen<sup>12</sup>.



Abbildung 7: Instandhaltungsstrategien

Quelle: Schenk; Instandhaltung Technischer Systeme, S27

Die Auswahl der richtigen Strategie ist entscheidend dafür, wie zuverlässig technische Anlagen betrieben werden können.

Auch die Instandhaltungskosten werden maßgeblich durch die Wahl der richtigen Strategie bestimmt. Werden Defekte frühzeitig erkannt, können Bauteile und Komponenten möglicherweise noch mit verhältnismäßig geringen Kosten repariert, nachgeschärft und lange Maschinenstillstände verhindert werden.

### 3.3.1 Ausfallbasierte Instandhaltung – Feuerwehrtaktik

Bei dieser Strategie wird erst gehandelt, wenn ein Schadens- oder Ausfallereignis eintritt. Störungen und größere Schäden, möglicherweise auch irreparable Schäden, werden bei dieser Strategie bewusst in Kauf genommen. Sie steht daher total im Gegensatz

---

<sup>12</sup> Vgl. Schenk, Michael; Instandhaltung Technischer Systeme, Methoden und Werkzeuge zur Gewährleistung eines sicheren und wirtschaftlichen Anlagenbetriebs, Springer-Verlag Berlin- Heidelberg, 2010, Seite 26

zur präventiven Instandhaltungsstrategie, welche das Ziel verfolgt, keine Störungen zuzulassen.

Der große Vorteil dieser Strategie ist im Umstand zu finden, dass der Abnutzungsvorrat der ausgefallenen Komponente tatsächlich vollständig aufgebraucht ist. Es werden somit Ersatzteilressourcen geschont, der Inspektionsaufwand massiv reduziert und auch der Montageaufwand kann auf ein Mindestmaß begrenzt werden.

Demgegenüber steht aber der Nachteil, dass der Reparaturaufwand nicht vom Maschinenbetreiber geplant wird und somit auch zu sehr ungünstigen Zeiten auftreten kann, wie z.B. bei Auftragsspitzen oder in einer Nachtschicht. Weiters können dadurch weitere Maschinenteile stark in Mitleidenschaft gezogen oder gar zerstört werden, was z.T. sehr hohe Folgekosten verursachen kann. Nimmt man nun noch die Kosten für den ungeplanten Produktionsausfall dazu, kann schnell ein finanzieller Schaden entstehen, der bedeutend höher ausfällt als die Ersparnis durch den vollkommen aufgebrauchten Abnutzungsvorrat und zusätzliche Inspektionsaufwände<sup>13</sup>.

### **3.3.2 Zeitbasierte Instandhaltung**

Die Zeitintervalle sind bei dieser Strategie fix vorgegeben. Eine Inspektion, Wartung, Pflege... findet nach Ablauf eines gewissen Zeitablaufs, einer bestimmten Anzahl an Betriebsstunden, einer gewissen Laufleistung oder einer anderen messbaren Größe statt. Typischerweise sind vor allem gesetzliche Überprüfungen und/ oder Funktionstests in bestimmten Intervallen durchzuführen.

Man geht hier davon aus, dass der Abnutzungsvorrat eines Bauteils, welcher einem regelmäßigen Verschleiß unterliegt, in einer bestimmten Zeit bzw. Laufleistung aufgebraucht ist und zu diesem Termin ein Austausch erfolgen muss, um den sicheren Weiterbetrieb zu gewährleisten<sup>14</sup>.

---

<sup>13</sup> Vgl. Leidinger, Bernhard; Wertorientierte Instandhaltung, Kosten senken, Verfügbarkeit erhalten, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2. Auflage, 2014, Seite 20

<sup>14</sup> Vgl. Leidinger, Bernhard; Wertorientierte Instandhaltung, Kosten senken, Verfügbarkeit erhalten, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2. Auflage, 2014, Seite 16

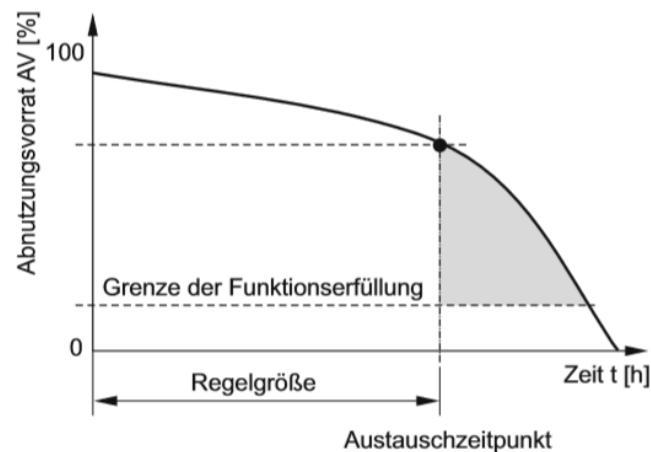


Abbildung 8: Optimaler Austauschzeitpunkt

Quelle: Schenk; Instandhaltung Technischer Systeme, S29

Das Störungs- und Ausfallrisiko einer Anlage wird hierbei deutlich reduziert. Der Handlungszeitpunkt lässt sich, vor allem mit viel Erfahrung, recht genau planen. Dadurch können die Ressourcen, sowohl Personal als auch Material, genau geplant und bereitgestellt werden.

Als Nachteil zu betrachten ist der Umstand, dass wohlwissend Bauteile zu früh ausgetauscht werden, bevor der volle Abnutzungsvorrat erschöpft ist. Der Verbrauch an materiellen Ressourcen steigt und auch der Einsatz von Mannstunden für die häufigeren Handlungen geht nach oben.

Man sieht, dass hier also ein Zielkonflikt entsteht. Zum einen senkt die periodisch vorbeugende Instandhaltung die Ausfallrisiken und Ausfallkosten, erhöht zum anderen aber auch die dafür nötigen Instandhaltungskosten<sup>15</sup>.

Diese Strategie macht also nur Sinn, wenn man den Zeitpunkt des Austausches genau kennt oder bestimmen kann.

---

<sup>15</sup> Vgl. Schenk, Michael; Instandhaltung Technischer Systeme, Methoden und Werkzeuge zur Gewährleistung eines sicheren und wirtschaftlichen Anlagenbetriebs, Springer-Verlag Berlin- Heidelberg, 2010, Seite 28

### 3.3.3 Zustandsabhängige Instandhaltung

Anhand von regelmäßig durchgeführten Diagnosen wird ein ev. nötiger Handlungsbedarf ermittelt. Ein wichtiges Element dieser Strategie ist die Inspektion, welche in bestimmten festgelegten Intervallen zu erfolgen hat. Eine Inspektion kann durch Sichtprüfung, aber auch durch Messen bestimmter physikalischer Größen oder nach Abgleich mit vorgegeben Schablonen erfolgen<sup>16</sup>.

Der Prüfaufwand reicht somit von der Sichtprüfung bis hin zur kompletten Demontage einer Anlage.

Das Ziel dieser Inspektionen ist es, dass Bauteile erst ausgetauscht werden, wenn der Abnutzungsvorrat nachgewiesenermaßen soweit aufgebraucht ist, dass eine weitere Produktion bis zum nächsten Inspektionstermin nicht mehr gewährleistet ist. Das bedeutet aber, dass man sich nur bei frisch ausgewechselten Bauteilen und kurzen Inspektionsintervallen 100%ig sicher sein kann, dass kein ungeplanter Ausfall eintritt. Zudem steigen mit dem Bauteilalter auch die Beurteilungsunsicherheiten, da die Beurteilung speziell bei der Sichtprüfung sehr subjektiv ist und daher sinkt die Sicherheit der Inspektionsprognose.

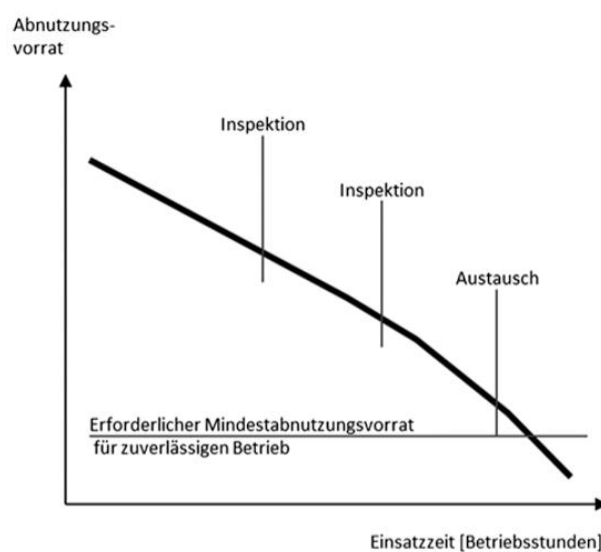


Abbildung 9: Zustandsabhängige Instandhaltung

Quelle: Leidinger; Wertorientierte Instandhaltung, S19

<sup>16</sup> Vgl. Leidinger, Bernhard; Wertorientierte Instandhaltung, Kosten senken, Verfügbarkeit erhalten, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2. Auflage, 2014, S18

Eine spezielle Form der Inspektion ist die permanente Zustandsüberwachung, auf Englisch „Condition Monitoring“. Gerade in Verbindung mit dem Begriff „Industrie 4.0“ ist davon besonders häufig die Rede.

Hierbei wird der Zustand einer Anlage permanent oder intermittierend mittels Sensoren überwacht. Diese überwachen und messen laufend, oder eben in vorgegeben Intervallen, ausgewählte physikalische Größen und ermitteln den noch vorhandenen Abnutzungsvorrat und Alterungstrends. Ganz besonders komplexe und kostenintensive Betriebsmittel können damit zuverlässig im Auge behalten werden. Die Daten werden nahezu in Echtzeit gesammelt und ausgewertet und erlauben es, den Instandhaltungsbedarf anhand des Abnutzungsvorrates und Alterungszustandes von Komponenten exakt zu planen<sup>17</sup>.

### 3.3.4 Vorausschauende Instandhaltung

Das Ziel besteht darin, bereits potentielle und oft verdeckte Störungen frühzeitig zu erkennen und deren Weiterentwicklung möglichst zielgerichtet zu verhindern. Bei verdeckten Störungen können die zuvor genannten Strategien nicht angewendet werden, da sie nicht gleich beim Auftreten erkannt werden. Sie haben nämlich nicht gleich einen merkbaren Einfluss auf den Funktionsbetrieb und führen so schleichend zu schweren Folgen, bis hin zum kompletten, unerwarteten Anlagenstillstand<sup>18</sup>.

Zu berücksichtigen sind dabei sicherheitsrelevante, betriebsrelevante und umweltrelevante Funktionsstörungen. Nach dem Erkennen einer potentiellen Gefahr muss entsprechend darauf reagiert und Maßnahmen dagegen vorbeugend getroffen werden<sup>19</sup>.

---

<sup>17</sup> Vgl. Schwab, Adolf; Managementwissen für Ingenieure: Wie funktionieren Unternehmen, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg, 5. Auflage, S374

<sup>18</sup> Vgl. Ladengruber, Roland; Web basierte Lösung zur mobilen Erfassung von Instandhaltungssystemen im Zusammenhang mit SAP als ERP System, Disserta Verlag, 2014, S35

<sup>19</sup> Vgl. Schenk, Michael; Instandhaltung Technischer Systeme, Methoden und Werkzeuge zur Gewährleistung eines sicheren und wirtschaftlichen Anlagenbetriebs, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg, 2010, S33

### 3.3.5 Auswahl der Instandhaltungsstrategie

Um die Ziele der Instandhaltung zu erreichen, eignen sich also mehrere Strategien. Diese Strategien haben nicht zuletzt erheblichen Einfluss auf die Kosten, die in der Instandhaltung und in der Bauteilreparatur anfallen. Selten lässt sich in einem Unternehmen nur eine Strategie festlegen. Meistens wird es ein Mix aus den verschiedenen Strategien geben müssen, um alle Eventualitäten so gut es geht abzudecken.

So werden z.B. Maschinen, die keine Gefahr für Sicherheit und Umwelt darstellen und auch keine weiterreichenden Produktionsstillstände verursachen, wohl nicht vorbeugend instandgehalten werden. Hier wird eher eine reaktive Strategie gefahren.

Bei sehr komplexen und verketteten Anlagen sieht das aber ganz anders aus. Hier würde bei Ausfall eines Anlagenteils im worst case gleich die ganze Produktionskette stillstehen. Hier empfiehlt sich also eine vorbeugende oder gar eine zustandsbasierte Instandhaltungsstrategie mittels CM-Systemen<sup>20</sup>.

## 3.4 Messung der Wirtschaftlichkeit

### 3.4.1 Definition der Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit wird durch eine einfache Kennzahl ausgedrückt. Sie gilt für ein Unternehmen gleichermaßen wie für ein einzelnes Projekt oder eine Einzelaktion, wie etwa ein Kundenauftrag. Die Kennzahl der Wirtschaftlichkeit stellt das Verhältnis von Ertrag bzw. Leistung zu Aufwand bzw. Kosten dar<sup>21</sup>.

$$(\text{Ertrags-})\text{Wirtschaftlichkeit} = \frac{\text{Erträge}}{\text{Aufwendungen}}$$

$$(\text{Kosten-})\text{Wirtschaftlichkeit} = \frac{\text{Leistungen}}{\text{Kosten}}$$

---

<sup>20</sup> Vgl. Ladengruber, Roland; Web basierte Lösung zur mobilen Erfassung von Instandhaltungssystemen im Zusammenhang mit SAP als ERP System, Disserta Verlag, 2014, S37

<sup>21</sup> Vgl. Daum, Andreas; Greife, Wolfgang; Przywara, Rainer; BWL für Ingenieurstudium und – Praxis, Springer Fachmedien Wiesbaden, 3. Auflage, 2018, S88

Wirtschaftlich zu handeln bedeutet aber auch, knappe Güter gezielt dort einzusetzen, wo diese Güter den größtmöglichen Nutzen erzielen. Mit diesen Gütern sind nicht nur Materialien gemeint, auch die menschliche Arbeitskraft, sowie der Faktor Zeit ist hier mitinbegriffen. Ganz grundsätzlich kann man dabei zwei ökonomische Prinzipien unterscheiden:

- Maximalprinzip: mit den vorhandenen Mitteln soll ein Maximum an Leistungen erzielt werden
- Minimalprinzip: ein vorgegebenes Ziel soll mit möglichst wenigen Mitteln erreicht werden

Es gilt also im Grunde genommen das Prinzip der Sparsamkeit, bei dem der Mitteleinsatz möglichst minimiert werden soll. Doch Sparsamkeit um jeden Preis kann schnell unwirtschaftlich werden, wenn nämlich Einsparungen dazu führen, dass die eigentliche Aufgabe nicht mehr ordnungsgemäß erfüllt werden kann<sup>22</sup>.

### 3.4.2 Kennzahlen in der Instandhaltung

Als Kennzahlen werden Maßzahlen bezeichnet, welche zur Quantifizierung von Vorgaben und Zielgrößen dienen, um eine reproduzierbare Bewertung von Zuständen und Prozessen zu ermöglichen. Dazu sind zuerst die kostentreibenden Prozesse oder Funktionsbereiche zu ermitteln, danach müssen eine oder mehrere Zielgrößen definiert werden.

Eine der wichtigsten Kennzahlen in der Inha ist die Verfügbarkeit. Im Idealfall entspricht die tatsächliche Betriebszeit der zur Verfügung stehenden Betriebszeit. Tatsächlich wird das aber nicht der Fall sein, da immer wieder Instandhaltungsmaßnahmen ergriffen werden müssen.

$$\text{Verfügbarkeit} = \frac{\text{tatsächliche Betriebszeit}}{\text{effektiv zur Verfügung stehende Betriebszeit}}$$

---

<sup>22</sup> Vgl. Gärtner, Johanna; Mehr Wirtschaftlichkeit durch Systemwechsel?, LIT Verlag Münster, 2014, S57



Mindestens ebenso wichtig ist die technisch bedingte Stillstandszeit. Die Stillstandsquote setzt die technisch bedingte Stillstandszeit ins Verhältnis zur produktiven Betriebszeit.

$$\text{Stillstandsquote} = \frac{\text{technisch bedingte Stillstandszeit}}{\text{produktive Betriebszeit}}$$

Auch der Instandhaltungsgrad ist eine wichtige Kenngröße. Er vergleicht die Inha-Gesamtkosten mit der produktiven Betriebszeit. Je kleiner der Wert ist, desto besser ist der Instandhaltungsgrad<sup>23</sup>.

$$\text{Instandhaltungsgrad} = \frac{\text{Instandhaltungsgesamtkosten}}{\text{produktive Betriebszeit}}$$

---

<sup>23</sup> Vgl. Strunz, Matthias; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, Seite 84

## **4 Bedeutung der Instandhaltung und Bauteilreparatur für ein Unternehmen in der Massenproduktion**

Laut einer Studie, die vom BMBF durchgeführt wurde, beläuft sich der Instandhaltungsaufwand europaweit auf ca. 1.500 Mrd. Euro pro Jahr! Diese Kosten entstehen für Personal, Ersatzteile, Verbrauchsmaterialien und vieles mehr. Nimmt man noch indirekte Kosten für Lagerhaltung, Qualitätseinbußen, Maschinenausfallzeiten usw. mit dazu, ergeben sich nochmals Kosten von schätzungsweise 7.500 Mrd. Euro pro Jahr. Der volkswirtschaftliche Faktor „Instandhaltung“ darf also keinesfalls unterschätzt werden<sup>24</sup>.

Die Massenproduktion von Produkten wird heute fast ausschließlich mit hochautomatisierten Maschinen bewerkstelligt. Je anlagenintensiver eine Produktion ausgestattet ist, umso schwerwiegender werden die Folgen von Ausfall- und Stillstandzeiten und umso bedeutender wird die Instandhaltung.

Also Folge davon kann die Instandhaltung bei anlagenintensiven Betrieben heutzutage durchaus zwischen 15 und 40% der indirekten Kosten eines produzierenden Unternehmens ausmachen. Diese Spanne ergibt sich aus den unterschiedlichen Inha-Bedürfnissen der Unternehmen, abhängig vom Anlagenpark, dem Automatisierungsgrad usw.<sup>25</sup>.

Eine leistungsstarke Instandhaltung kann maßgeblich dazu beitragen, Kostensenkungspotentiale zu erreichen, die Produkt- und Prozessqualität zu sichern, Lieferzeiten zu gewährleisten und die dispositive Flexibilität durch Sicherstellung der Anlagenverfügbarkeit zu erhöhen<sup>26</sup>.

---

<sup>24</sup> Vgl. Schröder, Werner; Ganzheitliches Instandhaltungsmanagement, Aufbau, Ausgestaltung und Bewertung, Gabler Fachverlage, Wiesbaden, 2010, S2

<sup>25</sup> Vgl. Früh, Karl Friedrich; Handbuch der Prozessautomatisierung, Prozessleittechnik für verfahrenstechnische Anlagen, Oldenbourg Industrieverlag, 4. Auflage, 2009, S55

<sup>26</sup> Vgl. Rasch, Alejandro Alcalde; Erfolgspotential Instandhaltung; Theoretische Untersuchung und Entwurf eines ganzheitlichen Instandhaltungsmanagements, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2000, S68 ff

Umso wichtiger also, dass wirtschaftlich, sprich sparsam, gearbeitet wird. Denn hier wird das Dilemma ersichtlich, mit welchem die Inha kämpft: zum einen sollen Instandhaltungskosten niedrig gehalten werden, andererseits muss in Inha-Maßnahmen investiert werden, um die Ausfallzeiten möglichst gering zu halten und die Maschinenverfügbarkeit zu garantieren.

## 4.1 Sicherheitstechnische Aspekte

Nicht nur wirtschaftliche, sondern auch sicherheitstechnische Aspekte haben eine Auswirkung auf die Instandhaltung und die hier entstehenden Kosten. Hier gibt es ebenfalls wichtige Punkte zu beachten. Eine Maschine muss schließlich nicht nur funktionieren, sondern auch „sicher“ sein.

In §3 Absch.1 der österreichischen Arbeitsmittelverordnung (AM-VO) wird festgelegt, dass ArbeitgeberInnen ausschließlich solche Arbeitsmittel zur Verfügung stellen dürfen, die hinsichtlich Konstruktion, Bau und Schutzmaßnahmen den geltenden Rechtsvorschriften über Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen unterliegen.

Sinngemäß findet man selbige Anforderung an Maschinen und Geräte unter §34 und §38 des ArbeitnehmerInnen-Schutzgesetzes<sup>27</sup>.

Weiters wird in §6 AM-VO festgelegt, dass gewisse Arbeitsmittel nur nach erfolgten erforderlichen Prüfungen verwendet werden dürfen. Es kann sich hierbei um Erstprüfungen, Abnahmeprüfungen, aber auch um periodisch vorgeschriebene Kontrollen handeln. Periodisch vorgeschriebene Kontrollen werden z.B. für Druckbehälter oder Rohrleitungen verlangt, ebenso bei überwachungspflichtigen Hebeanlagen, für welche es sogar eine extra Betriebsverordnung gibt (BGBl. II Nr. 210/2209).

Periodisch wiederkehrende Prüfungen nach §8 AM-VO werden beispielsweise für Krane und andere Hebemittel (wie etwa Winden, Seilzüge usw.) verlangt, ebenso für Hubtische, Tore, Förderbänder- und Anlagen über 5m Länge, sicherheitsrelevante Einrichtungen und vieles mehr.

---

<sup>27</sup> Vgl. <http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008910>, abgerufen am 31.03.2018

Zu prüfen gilt es nach §8 AM-VO Verschleißteile wie Bremsen, Kupplungen, Rollen, Rädern, aber auch die Einstellung und Funktion von Sicherheitseinrichtungen und sicherheitsrelevanter Bauteile, Sensoren, Kontaktleisten, Notaus-Vorrichtungen, Verriegelungen usw.

Werden hierbei Mängel festgestellt, darf das Arbeitsgerät nach §6 Absch.2 erst nach der Mängelbehebung wieder in Betrieb genommen werden, bzw. nach §6 Absch. 3 auch vorher, sofern durch die prüfende Person schriftlich festgehalten wird, dass das betroffene Arbeitsmittel vor der Reparatur wiederverwendet werden darf und die betroffenen ArbeitnehmerInnen entsprechend über den Mangel informiert wurden<sup>28</sup>.

Aus den obigen Fakten wird klar, warum die Betriebe in gewisser Weise zur Instandhaltung gezwungen werden und eine Inha nicht gänzlich umgangen werden kann.

In der Literatur und im Gesetz sind weitergehend aber keine Informationen zu finden, wie eine Reparatur zu erfolgen hat, speziell Informationen, welche die Reparatur von sicherheitsrelevanten Bauteilen oder Schutzschaltern explizit verbieten.

Aus den oben genannten Vorschriften lässt sich aber ableiten, dass sämtliche Maschinen und Geräte, welche den ArbeitnehmerInnen bereitgestellt werden, sicher sein müssen. Wie das Ganze bewerkstelligt wird, wird offenbar dem Betrieb bzw. dessen Instandhaltung überlassen.

Im Zweifelsfall wird aber in dem Fall die Neuanschaffung, besonders von sicherheitsrelevanten Bauteilen, speziell elektrischer Komponenten wie Sicherheitstaster und -Schalter, sinnvoller sein, da auf diese Neuteile Garantie bzw. Gewährleistung durch den Hersteller gegeben wird und eine sichere Funktion herstellenseitig gewährleistet wird. Falls etwas passiert, könnte der Maschinenbetreiber anderenfalls in Erklärungsnot geraten.

---

<sup>28</sup> Vgl. <http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20000727>, abgerufen am 31.03.2018

## 4.2 Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Produktionsanlagen

Mit einer Maschine wird nur Geld verdient, wenn sie arbeitet. Jede Minute Stillstand kostet Produktionszeit, d.h. aus (unseren) hochautomatisierten Produktionsanlagen fallen keine Teile mehr heraus, die verkauft werden können.

Um diese Kosten möglichst zu reduzieren, ist es wichtig, die Zuverlässigkeit der Maschinen und Anlagen bestmöglich zu gewährleisten.

Als Zuverlässigkeit wird die Eigenschaft einer Betrachtungseinheit bezeichnet, funktionsfähig zu bleiben. Mit ihr wird ausgedrückt, wie wahrscheinlich es ist, dass die geforderte Funktion der Maschine innerhalb einer festgelegten Zeitdauer unter den gegebenen Arbeitsbedingungen ausfallfrei ausgeführt wird.

Als Ausfall wird dabei der Zustand bezeichnet, bei welchem eine Betrachtungseinheit aufhört, die geforderte Funktion zu erfüllen <sup>29</sup>.

Dabei kann man in der Literatur folgende Unterteilung der Stadien von Ausfallgründen finden, die Grafik dazu ist auch als „Badewannenkurve“ bekannt:

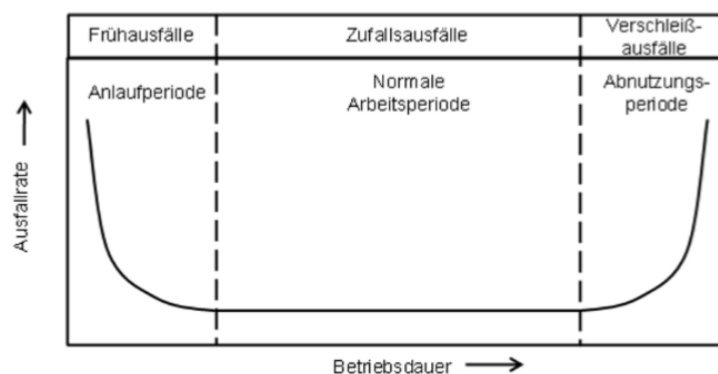


Abbildung 10: Zeitliche Entwicklung der Ausfallrate

Quelle: Birolini, Zuverlässigkeit von Geräten und Systemen, S3

Fröhausfälle treten in der ersten Phase des Lebenszyklus durch Fehler in der Maschinenherstellung oder Reparatur auf.

<sup>29</sup> Vgl. Birolini, Alessandro; Zuverlässigkeit von Geräten und Systemen, Springer Verlag, 2013, S3

Zufallsausfälle machen den größten Teil der Ausfälle aus und werden meistens durch außergewöhnliche Belastungen ausgelöst, wie etwa zu hoher Druck, zu hohe Zug- oder Druckkräfte usw.

Altersausfälle treten durch normalen Verschleiß während des Gebrauches auf<sup>30</sup>.

Eine hohe Zuverlässigkeit bedeutet aber nicht gleich eine hohe Verfügbarkeit der Maschine! Die Verfügbarkeit ist definiert als die Wahrscheinlichkeit, mit welcher ein System zu einem beliebigen Zeitpunkt in funktionsfähigem Zustand vorgefunden wird.

Die Verfügbarkeit kann recht einfach berechnet werden, wobei man in theoretische und technische Verfügbarkeit unterscheiden muss.

Die technische Verfügbarkeit berücksichtigt noch Stillstandzeiten für geplante Revisionen:

$$\begin{aligned} \text{theoretische (innere)} \\ \text{Verfügbarkeit } V_i &= \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \\ \text{technische} \\ \text{Verfügbarkeit } V_t &= \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR} + \text{MTTPM}} \end{aligned}$$

MTBF= Mean Time between Failure (Zeit zwischen zwei Fehlern)

MTTR= Mean Time to Repair (Zeit bis zur Reparatur)

MTTPM= Mean Time to Preventive Maintenance

Es bleibt hier aber unberücksichtigt, dass nicht die gesamte, theoretisch fehlerfreie Zeit für die Produktion zur Verfügung steht. Die reine Instandsetzungszeit ist hier nicht die komplette Ausfallzeit der Maschine. Diese kann noch viel höher sein, da aus organisatorischen und verfahrenstechnischen Gründen viel höhere Stillstandzeiten resultieren können, z.B. für Holen von Ersatzteilen aus dem Lager<sup>31</sup>. Dies wird hier nicht berücksichtigt.

---

<sup>30</sup> Vgl. Pawellek, Günther, Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, Vorgehensweisen, Methoden, Tools, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, S70

<sup>31</sup> Vgl. Pawellek, Günther, Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, Vorgehensweisen, Methoden, Tools, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, S57

Die Zuverlässigkeitsanalyse dagegen hat viel mit Wahrscheinlichkeit und Statistik zu tun. Denn der Zufallscharakter bei ungeplanten Ausfällen liegt auf der Hand. Man kann zwar mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit sagen, dass eine Maschine eine bestimmte Zeit zuverlässig funktioniert, letztlich garantieren kann man das aber nicht, denn die ermittelten Werte aus Lebensdauerversuchen und Schadensstatistiken streuen meistens in einem gewissen Bereich<sup>32</sup>.

Letztlich wird die Zuverlässigkeit einer Anlage also mathematisch mittels Statistik und Wahrscheinlichkeit prognostiziert.

Wenn man von Zuverlässigkeit spricht, muss man auch alle Teile einer Anlage berücksichtigen. Moderne Maschinen bestehen nicht nur aus mechanischen, sondern mittlerweile auch zum großen Teil aus elektrischen Komponenten, die ausfallen können, sowie der Software, die zur Steuerung und Regelung benötigt wird – es handelt sich hier also um sogenannte mechatronische Systeme<sup>33</sup>.

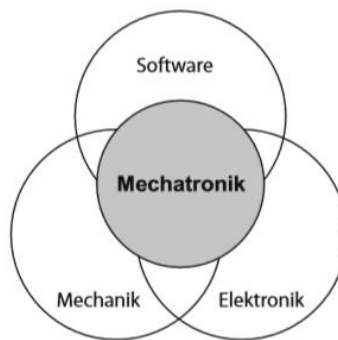


Abbildung 11: Zusammenspiel verschiedener Bereich

Quelle: Bertscher, Göhner, Jensen, Schinköthe, Wunderlich, Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme, S3

---

<sup>32</sup> Vgl. Bertsche, Bernd; Göhner, Peter; Jensen, Uwe; Schinköthe, Wolfgang; Wunderlich, Hans-Joachim, Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme; Grundlagen und Bewertung in frühen Entwicklungsphasen, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, 2009, S9

<sup>33</sup> Vgl. Bertsche, Bernd; Göhner, Peter; Jensen, Uwe; Schinköthe, Wolfgang; Wunderlich, Hans-Joachim, Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme; Grundlagen und Bewertung in frühen Entwicklungsphasen, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, 2009, S3

Aufgabe der Instandhaltung ist es also, die Zuverlässigkeit und die Verfügbarkeit von Maschinen zu erhöhen, indem die Ausfallwahrscheinlichkeit durch Wartung und Reparatur so gering wie möglich gehalten wird.

Wie wichtig eine hohe Zuverlässigkeit ist, sieht man, wenn man sich die Folgekosten für Ausfallzeiten anschaut.

### **4.3 Opportunitätskosten von Maschinen-Ausfallzeiten**

Fällt eine Maschine ungeplant aus, verursacht das zum einen natürlich Reparaturkosten, welche die Arbeitsstunden und das Material beinhalten, zum anderen aber auch Kosten durch Produktionsausfall und somit entgangenen Umsatz/Gewinn, möglicherweise auch noch Kosten für Ausschussware, welche in der Zeit kurz vor dem Ausfall produziert wurde. Zudem müssen noch die Kosten für das Personal berücksichtigt werden, welches für die Zeit des Stillstandes weiterbezahlt werden muss, aber zu diesem Zeitpunkt ev. nicht beschäftigt werden kann.

Als Ausfallfolge können auch Sonderschichten und Überstunden nötig werden, um die verlorene Produktionszeit aufzuholen. Bei stark verketteten Maschinen und Anlagen müssen ggf. auch Teile zugekauft werden, um einen kompletten Produktionsausfall über längere Zeit zu verhindern<sup>34</sup>.

Die Gesamtheit dieser Kosten in Zahlen zu fassen, ist nur schwer möglich, denn die Gesamtkosten gehen über den reinen Maschinenstundensatz deutlich hinaus.

Zwar wird in der Literatur häufig der Maschinenstundensatz als Richtwert herangezogen, welcher in der Stillstandszeit nicht verdient werden kann. Dieser Wert greift aber zu kurz und spiegelt bei weitem nicht alle Ausfallkosten wieder.

---

<sup>34</sup> Vgl. Pawellek, Günther, Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, Vorgehensweisen, Methoden, Tools, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, S68



Ein kleines Rechenbeispiel dazu aus der Literatur:

Eine neue Maschine wird in Betrieb genommen, Kosten ca.2.000.000 Euro  
Laufzeit 2,5 Schichten / Tag (20 Stunden), 6 Tage die Woche, 45 Wochen/Jahr,  
Maschinenlaufzeit voraussichtlich 10 Jahre = 5400h/Jahr x10= 54.000 Stunden

Daraus ergibt sich ein Maschinenstundensatz von:

$$\text{Maschinenstundensatz} = \frac{\text{Anschaffungskosten}}{\text{Lebenslaufzeit}} = \frac{2.000.000 \text{ Euro}}{54.000 \text{ H}} = \underline{\underline{37,03 \text{ Euro/h}}}$$

Im Störfall fallen nun noch Lohnkosten für nicht beschäftigte Mitarbeiter an (inkl. Lohnnebenkosten). Nehmen wir an, es ist eine Ein-Mann-Bedienung mit Lohnkosten von 50 Euro/ Stunde.

Damit ergibt sich ein Ausfallstundensatz von 37,03 Euro/h + 50Euro/h= 87,03 Euro/h.

Geht man nun von einem Ausfall (MTBF) alle 120 Stunden aus (1x pro Woche), macht das in 10 Jahren 450 Ausfälle. Bei einer Reparaturzeit von im Schnitt 90 Minuten betragen die Stillstandskosten somit

$$87,03 \text{ Euro} \times 1,5 \text{ h Rep. Zeit} \times 450 \text{ Ausfälle} = \underline{\underline{58.745,25 \text{ Euro}}} \text{ in 10 Jahren}$$

Wie bereits erwähnt, sind hier noch keine Materialkosten inkludiert, kein entgangener Gewinn, keine Kosten für möglicherweise produzierte Ausschussware usw. Nimmt man diese Kosten noch dazu, fallen die Ausfallkosten bedeutend höher aus<sup>35</sup>.

Eine Auswahl, was alles berücksichtigt werden müsste, ist in Anlage 1 ersichtlich.

---

<sup>35</sup> Vgl. Jung Erceg, Petra; Kinkel, Steffen; Lay, Gunter; Controlling produktbegleitender Dienstleistungen; Methoden und Praxisbeispiele zur Kosten und Erlössteuerung, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2003, S96

## 4.4 Werterhalt von Maschinen und Anlagen

Zweifelsohne ist bei größeren Maschinen und Anlagen ein gewisser Instandhaltungsaufwand nötig, um die Betriebsfähigkeit und damit die Nutzung zu erhalten.

Mithilfe von Reparaturen wird der Vermögensgegenstand über die gesamte Nutzungsdauer funktionsfähig gehalten. Der ökonomische Wert für das Unternehmen ist somit unbestreitbar.

Mittels der AfA, der Absetzung für Anlagen, kann der Wertverlust für Maschinen und Anlagen in Form eines Wertverlustes als Betriebsausgabe steuerlich geltend gemacht werden. Bemessungsgrundlage hierfür sind die Anschaffungs- bzw. die Herstellkosten. Diese Kosten werden gleichmäßig auf die betriebliche Nutzungsdauer verteilt und können so abgesetzt werden. Die Aktivierung erfolgt linear, d.h. jedes Jahr wird der gleiche Betrag abgesetzt<sup>36</sup>.

Nach der aktuellen Rechtsprechung in Österreich stellen Instandhaltungsaufwände aber keine Werterhöhung des Vermögensgegenstandes dar, seien es Maschinen, Gebäude oder andere Vermögensgegenstände, denn damit wird lediglich das vorzeitige Eintreten einer möglichen Wertminderung verhindert. Ein Maschinenschaden bewirkt im Falle des Falles eine außerplanmäßige frühzeitige Abschreibung des Gegenstandes.

Somit hat eine Instandhaltung keine Erhöhung des Maschinenwertes zur Folge und auch keinen Werterhalt. Die Instandhaltung/Reparatur einer Maschine verhindert lediglich einen frühzeitigen Wertverlust. Folglich können Inha-Aufwände und Reparaturkosten auch nicht abgeschrieben werden<sup>37</sup>.

Anders sieht es mit sog. nachträglichen Herstellkosten gem. §203 Abs.2 UGB aus. Als Herstellkosten gelten auch Kosten, die nachträglich anfallen, wenn eine Erweiterung oder wesentliche Verbesserung über den betriebsbereiten Zustand hinaus erfolgt. Somit

---

<sup>36</sup> Vgl. [https://www.bmf.gv.at/steuern/selbstständige-unternehmer/betriebsausgaben/ba-abschreibung.html#Nutzungsdauer\\_und\\_Abschreibungssatz](https://www.bmf.gv.at/steuern/selbstständige-unternehmer/betriebsausgaben/ba-abschreibung.html#Nutzungsdauer_und_Abschreibungssatz), abgerufen am 31.03.2018

<sup>37</sup> Vgl. Rößler, Bettina; Abgrenzung und Bewertung von Vermögensgegenständen; Abschreibung und Verlustfreie Bewertung gemäß HGB und BFH-Rechtsprechung, Gabler Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden, 2012, S58

sind diese Kosten vor allem für den KVP-Bereich relevant. Diese Kosten können dann sehr wohl als Herstellungskosten geltend gemacht und abgeschrieben werden<sup>38</sup>.

## 4.5 Umweltschutz und Instandhaltung

Im Zusammenhang mit Instandhaltung und Reparatur darf auch der ökologische Aspekt nicht fehlen. Durch die Sicherstellung der Funktionsfähigkeit von Maschinen soll die Gefährdung für die Umwelt reduziert werden. Konkret soll der Rohstoffverbrauch minimiert (Schmierstoffe, Energieeinsatz...) und der Abfall reduziert werden (Abgase, Abwasser...). Diese Ziele können nur erreicht werden, wenn sich die Anlagen in einem ausgezeichneten Sollzustand befinden<sup>39</sup>.

Einen großen Einfluss auf die Umweltbelastung übt auch das Ausmaß aus, in welchem Instandhaltung betrieben wird. Zu geringe Tätigkeiten führen dazu, dass sich Defekte häufen oder falsch justierte Anlagen einen erhöhten Rohstoffverbrauch aufweisen. Bei hoher Wartungstätigkeit werden diese Effekte zwar verringert, jedoch steigt damit auch das benötigte Instandhaltungsmaterial in Form von Rohstoffen wie Schmiermittel, aber auch der Bedarf von Ersatzteilen, welche vor Gebrauch zuerst hergestellt werden müssen. Es muss hierbei also ein Optimum gefunden werden, welches beide Ziel vereint – geringe Ausfallrate bei geringem Ersatzteilbedarf. So wird Umweltschutz zum festen Bestandteil der Instandhaltung<sup>40</sup>.

In vielen Branchen erwarten Kunden mittlerweile, dass der Lieferant eine Zertifizierung nach ISO 14001 hat. ISO 14001 legt den Schwerpunkt auf einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess hinsichtlich Umweltschutz. Die zentralen Elemente sind

- Planung und Festlegung von Umweltzielen
- Durchführen und Umsetzen der festgelegten Maßnahmen
- Kontrolle der Zuständigkeiten und der ergriffenen Maßnahmen

---

<sup>38</sup> Vgl. <https://www.jusline.at/gesetz/ugb/paragraf/203>, abgerufen am 31.03.2018

<sup>39</sup> Vgl. Schröder, Werner; Ganzheitliches Instandhaltungsmanagement, Aufbau, Ausgestaltung und Bewertung, Gabler Fachverlag, Wiesbaden, 2010, S45

<sup>40</sup> Vgl. Rasch, Alejandro Alcalde; Erfolgspotential Instandhaltung; Theoretische Untersuchung und Entwurf eines ganzheitlichen Instandhaltungsmanagements, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2000, S67

- Verbesserung von Verfahren und Zuständigkeiten, ggf. auch der Umweltziele

ISO 14001 wird weltweit angewendet und ist für Betriebe jeder Größe und jeder Branche geeignet. Mittlerweile sind weltweit mehr als 300.000 Betriebe danach zertifiziert.<sup>41</sup>.

Wie bedeutend der Umweltschutz auch in der Instandhaltung ist, zeigt auch der Umstand, dass die Instandhaltung direkt oder indirekt auch in der Gesetzgebung in verschiedenen Abschnitten erwähnt wird. Zu nennen wären beispielsweise die Abfallgesetzgebung, Wasserhaushaltsgesetzgebung, Gefahrenstoffverordnung, Umwelthaftungsgesetz und einige weitere Abschnitte<sup>42</sup>.

---

<sup>41</sup> Vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/wirtschaft-umwelt/umwelt-energiemanagement/iso-14001-umweltmanagementsystemnorm#textpart-2>, abgerufen am 01.04.2018

<sup>42</sup> Vgl. Strunz, Matthias; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, S177

## **5 Aktuelle Vorgaben und Arbeitsschritte in der Bauteilreparatur**

Reparaturen gehören in Produktionsbetrieben zum täglichen Geschehen. Seien es Greifzangen die verschleißten, Linearführungen, die ihre Laufleistung erreicht haben, Elektromotoren, die durchbrennen oder Steuerungen, die nicht mehr funktionieren - die Ausfallgründe sind vielfältig.

Doch eines ist allen Reparaturen gemein, sie führen zu Anlagenstillständen und verursachen somit Arbeitsaufwände und Kosten. Eine gut organisierte Instandhaltung ist damit ein wichtiger Faktor, der über den wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens maßgeblich mitentscheiden kann.

Ausgangsbasis für die folgende Betrachtung ist, dass die Fa. Blum zum aktuellen Zeitpunkt über sieben Werke in Vorarlberg verfügt. Jedes dieser Werke, mit Ausnahme des Werk 1 und Werk 3, wo die zerspanende Bauteilfertigung, Maschinenbau, Konstruktion und Entwicklung beheimatet sind, verfügt über einen großen Produktionsbereich.

Zum Maschinenpark gehören neben Maschinen zur Einzelteillfertigung wie Stanzen, Pressen, Spritzgießmaschinen... auch Linearmontageanlagen zur vollautomatischen Montage der Produkte. Folglich wird auch in jedem dieser Werke eine große Anzahl Mechaniker benötigt, welche die Maschinen und Produktionsanlagen betriebsbereit halten.

### **5.1 Organisation der Instandhaltung**

Organisiert ist die Instandhaltung aktuell so, dass jedes Werk über eigene Werkstätten für Reparaturen verfügt. In diesen Werkstätten können Reparaturen durchgeführt werden, die schnell erledigt werden können oder dringend durchgeführt werden müssen, um einen langen Anlagenstillstand zu verhindern. Hierfür stehen in den Werkstätten gewöhnlicherweise Maschinen wie Drehbänke, Fräsmaschinen usw., bereit.

Daneben gibt es in den Werken 2 und 4 auch eine größere Baugruppenreparatur als Abteilung, welche sich ganz speziell mit der Reparatur von Standardkomponenten (häufig verwendete Komponenten für ein konstruktives Baukastenprinzip) beschäftigt. Hier

werden zentral Reparaturen durchgeführt, welche aufgrund der Reparaturdauer nicht sofort erledigt werden können, spezielle Werkzeuge erfordern oder ein gewisses Know-How voraussetzen.

Die beiden großen Reparaturbereiche teilen sich dabei gewisse Verantwortlichkeiten. So werden im Werk 4 beispielsweise speziell Greifer repariert, Transportketten der Linear-montage-Anlagen oder die Antriebs- und Umlenkeinheiten der Linearmontageanlagen, um nur einige Beispiele zu nennen.

Im Werk 2 werden die Kompetenzen zur Reparatur von pneumatischen und elektrischen Linear-Handlings gebündelt, die Reparatur und Überholung von dosiertechnischen Fettmodulen und etliches mehr. Jede Technologie oder Bauteilgruppe aufzuzählen, würde an dieser Stelle aber das Maß der Dinge sprengen.

Getrennt von diesen mechanischen Komponenten sind die elektrischen Komponenten zu betrachten. Hierbei sind aber nicht die elektrischen Handling- EH gemeint, wo etwa einmal eine Linearführung ausfällt, sondern Komponenten, welche tatsächlich einen elektrischen Defekt aufweisen. Zu nennen wären hier beispielsweise durchgebrannte Motoren, defekte Steuerungen und Ähnliches.

Für solche Komponenten sind die elektrischen Werkstätten verantwortlich, welche räumlich getrennt von den mechanischen Werkstätten geführt werden.

Als dritter großer Bereich wären die Werkzeuginstandhaltungsbereiche zu nennen. In diesen Bereichen kümmern sich Werkzeugmacher speziell um die Bedürfnisse von Werkzeugen. Ganz besonders im Werk 4 und im Werk 5, wo Pressen, Stanzautomaten, Spritzgießmaschinen oder Profilier- Anlagen stehen, sind diese Instandhaltungsbereiche beheimatet.

Die Reparaturen finden in diesen Bereichen aber zu einem sehr großen Teil unter anderen Rahmenbedingungen statt, wie etwa direkt an den Produktionsmaschinen. Dies ist damit zu begründen, dass hier vielfach Defekte durch beispielsweise gebrochene Schieber, verschlissene Auswerferstifte usw. auftreten, welche speziell für dieses Werkzeug konstruiert und auch im eigenen Unternehmen hergestellt werden und bei Bruch schlicht irreparabel sind. Folglich muss für eine Reparatur auch meistens das komplette Werkzeug zerlegt werden.

In den anderen Produktionsbereichen hingegen kommen oft sehr teure Zukaufkomponenten zum Einsatz, die wir nicht selbst herstellen können und für die wir die benötigten Ersatzteile somit zukaufen müssen.

Gewisse Instandsetzungs- und Reparaturarbeiten an Werkzeugen können zudem auch nicht in den Werkstätten der jeweiligen Produktionswerke durchgeführt werden. Die Produktionswerke verfügen nicht über jenen Maschinenpark, der in der zerspanenden Bauteilfertigung im Werk 3 zur Verfügung steht. Dieser Maschinenpark ist topmodern speziell für die Herstellung von Bauteilen für den Werkzeugbau ausgestattet. Folglich müssen gewisse Arbeiten, wie Draht- oder Senk-Erodieren oder hoch präzise Fräsnacharbeiten im Werk 3 durchgeführt werden. Oft wird dafür das komplette Werkzeug ins Werk 3 transportiert, dort zerlegt und überholt.

Übersichtlich dargestellt gilt es also in den Werken folgende Bereiche zu unterscheiden:

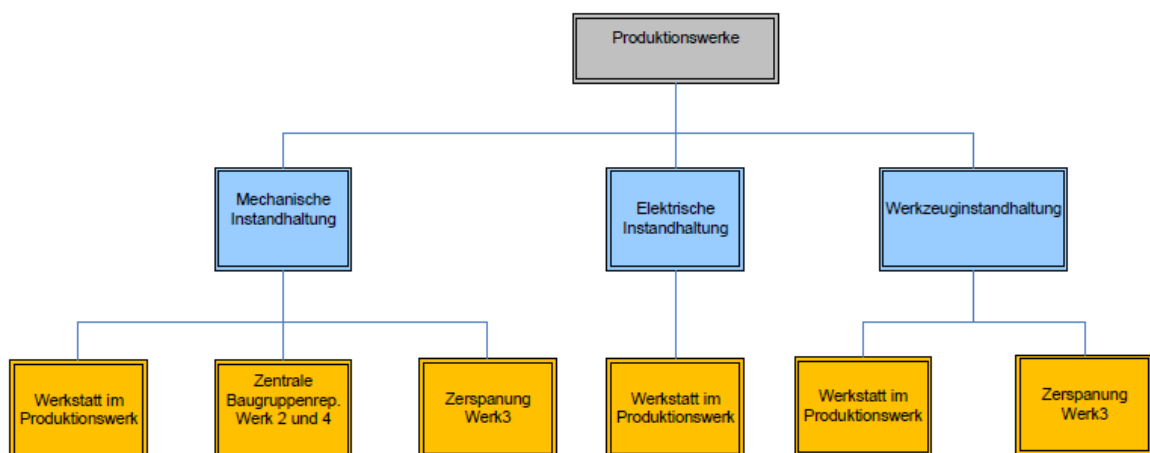


Abbildung 12: Instandhaltungsbereiche

Quelle: eigene Darstellung

Aus dieser Grafik kann man erahnen, dass beim Thema Instandhaltung eine große Anzahl an Personen, verteilt über mehrere Produktionswerke, involviert ist. Wo viele Menschen zusammenarbeiten, gibt es auch viele verschiedene Meinungen und Ansichten.

Im Sinne des Unternehmens ist es aber wichtig, dass alle eine einheitliche Arbeitsweise einhalten und an einem Strang ziehen. Dafür sind gewisse Regeln festzulegen, sowie Arbeitsweisen und Verantwortlichkeiten zu definieren.

## **5.2 Derzeitiger Workflow der Bauteilreparatur**

Wie im Abschnitt 3.3 bereits herausgearbeitet wurde, gibt es mehrere Möglichkeiten, um Instandhaltung zu betreiben. Die Möglichkeiten reichen von einer ausfallbasierten Instandhaltung über eine zeit- oder zustandsbasierte Instandhaltung zu einer vorausschauenden Instandhaltung.

Was ebenfalls herausgearbeitet wurde ist, dass lediglich mit einer Strategie zu fahren, für eine wirtschaftliche Instandhaltung nicht zielführend ist. Es muss ein gesunder Mix aus den zur Verfügung stehenden Varianten gebildet werden, um das Optimum von Instandhaltungsaufwand zu Reparatur- und Ausfallkosten zu erhalten

### **5.2.1 Ausbau aus der Anlage**

Aktuell werden in unserem Unternehmen in großem Ausmaß vorausschauende Instandhaltungsmaßnahmen ergriffen.

Die Strategie, die hierbei gefahren wird, kombiniert zeitbasierte Inspektionstermine mit einer zustandsbasierten Instandhaltung/Austausch von Komponenten. Gewisse Aktivitäten, wie etwa das Nachschmieren von Gewindespindeln oder von Linearschienen- und Achsen, werden entweder zeitbasiert oder zyklenbasiert durchgeführt. Der tatsächliche Ausbau und die Revision von Komponenten hängt aber immer von deren Gesamtzustand ab.

Das erklärte Ziel ist es, den Abnutzungsvorrat jeglicher Komponenten bis zuletzt auszunutzen und keine Restlaufzeiten zu verschenken, sowie die Lebensdauer sämtlicher Komponenten, so gut es geht, durch Tätigkeiten wie Schmieren zu verlängern.

Werksübergreifend wurde dafür ein System entwickelt, das die Inspektionstermine managt und die erforderlichen Wartungsarbeiten terminlich abbildet. Es handelt sich hierbei um das „CMMS“ (Computer Managed Maintenance System). Dieses System wird je Werk zentral von den Disponenten verwaltet, wobei die Disponenten auch Einsicht in die Daten der Maschinen anderer Produktionswerke haben.



In welchen Abständen die Maschinen überprüft und wann welche Wartungsarbeiten durchgeführt werden müssen, hängt dabei maßgeblich von der Beurteilung der für die Anlagen zuständigen Mechaniker ab. Die Daten, welche im CMMS abgebildet werden, richten sich stark nach deren Angaben/Erfordernissen und können auch jederzeit auf Zuruf der Mechaniker durch die Disponenten geändert werden.

Stehen nun Inspektionstermine oder durchzuführende Aktivitäten an, bekommt der Anlagenmechaniker eine entsprechende Erinnerung durch das CMMS am PC angezeigt. Bei großen Inspektionsterminen, welche im Schnitt ca. alle 3-4 Monate anstehen, wird die komplette Anlage auf Herz und Nieren überprüft. Dies geschieht sowohl für mechanische Komponenten als auch für elektrische Steuerungen usw.

Nun obliegt es dem Mechaniker zu entscheiden, ob Komponenten für den weiteren Einsatz noch zu gebrauchen sind oder nicht. Dabei kennt der Mechaniker bereits den nächsten Inspektionstermin und weiß daher, welche Zeit die jeweilige Komponente durchhalten muss, bis die nächste Inspektion ansteht.

Die Aufgabe und Herausforderung für den Mechaniker besteht nun darin, zu entscheiden, ob eine Komponente weitere 3-4 Monate ausfallfrei ihren Dienst versehen kann. Meistens stützt sich diese Entscheidung mehr auf die langjährige Erfahrung denn auf messbare Werte.

Gegen rein zeitbasierte Austauschintervalle spricht grundsätzlich der Umstand, dass hierbei zumeist massiv Abnutzungsvorrat verschenkt wird. Die hierbei in den Müll geworfenen Kosten dürfen keinesfalls unterschätzt werden. Zwar kostet eine Inspektion ebenfalls Zeit, doch der ungeplante Austausch einer Komponente kostet noch deutlich mehr Zeit, da Handlings zumeist danach wieder mühsam eingestellt und positioniert werden müssen. Zudem kommen bei einem Teileaustausch weitere Kosten hinzu, wie etwa Kosten für das Ersatzteil, ggf. Reparatur/Instandsetzung der ausgebauten Einheit, möglicherweise fallen im Fall einer nicht mehr möglichen Reparatur auch noch Entsorgungskosten an. Optimalerweise soll nur getauscht werden, was nötig ist.

Eine rein ausfallbasierte Instandhaltung kommt nicht infrage, da ansonsten die Anlagenstillstände zu unkalkulierbar wären. Die Folgen wären massive Nutzungsverluste der Anlagen, mögliche Qualitätseinbußen durch mangelhaft hergestellte Produkte, sowie mögliche Imageverluste durch Liefertermine, die durch willkürlich ausfallende Anlagen nicht mehr eingehalten werden können.

## 5.2.2 Workflow interne Reparatur

Die Reparatur „intern“ in der Firma kann auf verschiedene Arten durchgeführt werden. Je nach Schadensbild und Reparaturumfang kann eine Reparatur oder auch ein Nachschärfen direkt im jeweiligen Produktionswerk erfolgen. Ansonsten muss die Reparatur anderen Orts durchgeführt werden.

Die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten sehen für interne Reparaturen dabei wie folgt aus:

- Reparatur vor Ort, direkt im jeweiligen Produktionswerk (mit und ohne Auftrag)
- Reparatur bzw. Nacharbeit in der zerspanenden Fertigung im Werk 3
- Reparatur in der Baugruppenreparatur Werk 2 oder 4 für Standard-Komponenten

### Reparatur vor Ort im jeweiligen Produktionswerk

Die einfachste Möglichkeit, eine Reparatur durchzuführen ist, dass der jeweilige Anforderer eine dringende Reparatur selbst durchführt. Entweder ist die Reparatur mit sehr wenig Aufwand verbunden und daher schnell selbst erledigt oder so dringend, dass sie schnellstmöglich ohne lange Umwege sofort durchgeführt werden muss.

Meistens ist der wirtschaftliche Gedanke in letzterem Fall dahingehend vorhanden, einen langen Anlagenstillstand zu vermeiden. Es ist hier ganz einfach aus produktionstechnischer Sicht günstiger, das Teil sofort selbst neu zu fertigen oder zu reparieren, als auf ein bestelltes neues Teil zu warten und die Produktion komplett ruhen zu lassen.

Der Weg der Reparatur ist hier also sehr kurz und unkompliziert und eignet sich daher bestens für einfache oder dringende Reparaturen:



Abbildung 13: Reparaturworkflow Produktionswerkstatt

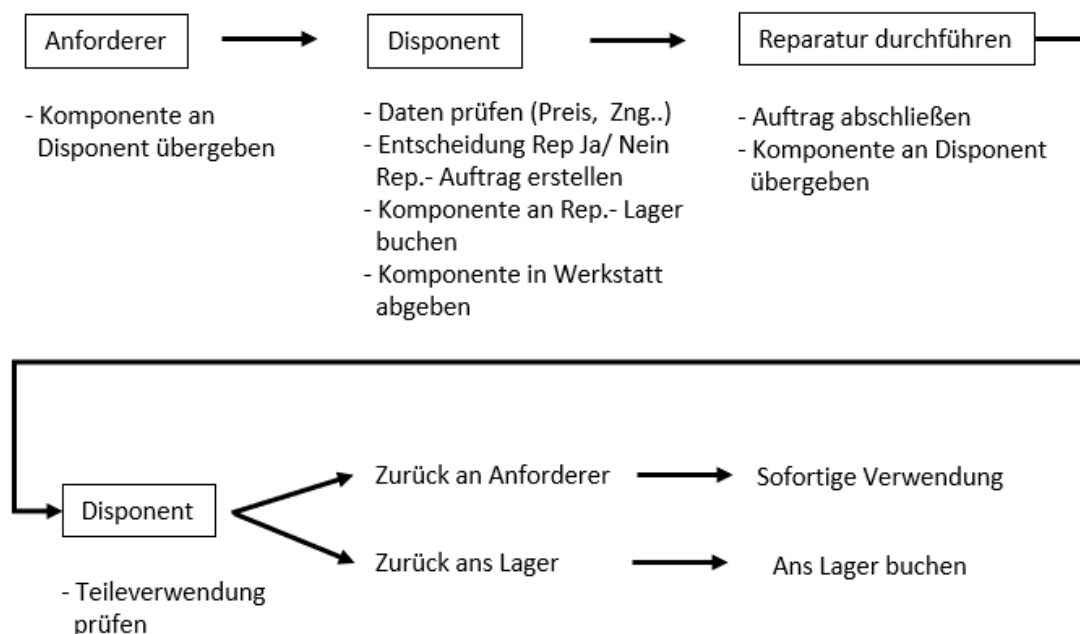
Quelle: eigene Darstellung

Es gibt aber auch Fälle, in denen nicht klar ist, ob und wo eine Reparatur durchgeführt werden kann. In solchen Fällen ist durch den Anforderer ein Reparaturauftrag zu erstellen, welcher durch den zuständigen Disponenten im jeweiligen Werk bearbeitet wird.

Ist sich der Mechaniker also nicht sicher, ob eine Reparatur sofort durchgeführt werden kann oder soll, oder ist der Aufwand deutlich zu groß und daher nicht gleich durchführbar, wird die Komponente an den zuständigen Disponenten übergeben. Dieser entscheidet in der Folge, ob und wo eine Reparatur durchgeführt werden kann, oder ob die Komponente besser gleich ausgeschieden werden sollte.

Fällt die Entscheidung zugunsten einer Reparatur aus, kann diese entweder immer noch in der eigenen Werkstatt im Falle einfacher Reparaturen durchgeführt werden, oder auch im Werk 3 bei anspruchsvolleren Arbeiten. Im Zweifelsfall gibt es hier immer Rücksprachen mit dem Verantwortlichen im Werk 3.

Findet die Reparatur nun direkt im jeweiligen Werk statt, wird durch den Disponenten ein Reparaturauftrag geschrieben, die Komponenten ins Reparaturlager gelegt und zugebucht, ggf. in ein anderes Werk transportiert, dort repariert, der Auftrag geschlossen und die Komponente wird an den Disponenten zurückgegeben. Wird die Komponente gleich wieder benötigt, wird sie an den Mechaniker übergeben. Anderenfalls wird die Komponente im Ersatzteillager zugebucht und eingelagert.



Quelle: eigene Darstellung

Die Entscheidung ja/ nein bei Reparaturen, welche direkt in der Werkstatt des jeweiligen Produktionswerkes durchgeführt werden, ist recht einfach. Hier können die Mechaniker recht genau einschätzen, ob eine Reparatur durch sie selbst durchgeführt werden kann oder nicht. In der Regel werden hier nur einfache Reparaturen durchgeführt, welche schnell erledigt sind und somit auch keine höheren Kosten verursachen.

Bei Reparaturen, die doch im Werk 3 in der zerspanenden Fertigung durchgeführt werden müssen, gelten dieselben Regeln wie für Bauteile, die direkt ins Werk 3 gehen.

### **Reparatur in der zerspanenden Fertigung im Werk 3**

Diese Vorgehensweise betrifft speziell Reparaturen an Bauteilen, die aufgrund ihrer Komplexität nicht direkt vor Ort durchgeführt werden können. Die betreffenden Teile werden zentral in der Disposition der jeweiligen Werke gesammelt und etwa einmal pro Woche ins Werk 3 zur Begutachtung geschickt. Hier wurde bereits eine zentrale Stelle eingerichtet, welche die Entscheidung trifft, ob eine Reparatur durchgeführt wird bzw. überhaupt durchgeführt werden kann.

Im Zweifelsfall wird hier über eine Kalkulation der voraussichtliche Reparaturwert ermittelt. Zu diesem Zweck werden Arbeitspläne für die nötigen Arbeitsschritte erstellt und die anfallenden Kosten ermittelt. Es muss derzeit mindestens eine Ersparnis von 50 Euro erreicht werden.

Welche Bauteile dann repariert werden (können), wird in einer Auflistung geführt. Dies dient der Übersichtlichkeit und der Dokumentation, welche Bauteile repariert werden und wurden und in welchem Fall sich das nicht lohnt.

Dies geschieht aktuell sehr unkompliziert und einfach über eine Excel-Übersichtsliste, was aber derzeit vollkommen ausreicht. Rentiert sich die Reparatur, wird die Komponente beiseitegelegt und das Reparaturfeld im Excel auf „Grün“ gesetzt.

Im Falle einer Entscheidung für eine Reparatur, wird die Komponente über einen Fertigungsauftrag zur Reparatur „abgegeben“. Es wird anschließend eine Zeichnung der zu erledigenden Arbeiten angefertigt, ein Arbeitsplan für die Reparatur erstellt, die Reparatur terminlich auf die jeweiligen Maschinen und Arbeitsschritte eingelastet und anschließend auch durchgeführt. Letztlich wird auch eine Kontrolle durchgeführt, ob die Reparatur erfolgreich war, sprich die Maßhaltigkeit usw. wird geprüft. Nun kann die Reparatur abgeschlossen werden, indem in der Excel-Liste die Bearbeitung auf „erledigt“

gesetzt, der Teil wieder an den Disponenten zurückgesendet und die Komponente zurück ans Lager gebucht wird.

Ist die Reparatur nicht rentabel, wird die Komponente in der Liste auf „Rot“ gesetzt, der Reparaturauftrag geschlossen und die Komponente entsorgt. Der Disponent wird über den negativen Reparaturauftrag informiert, damit eine neue Komponente durch diesen bestellt werden kann.

Zu erwähnen wäre hierzu, dass die Kosten für den verwaltungstechnischen Aufwand hier aber aktuell nicht berücksichtigt werden – es werden lediglich die Bearbeitungs- und Fertigungskosten berücksichtigt!

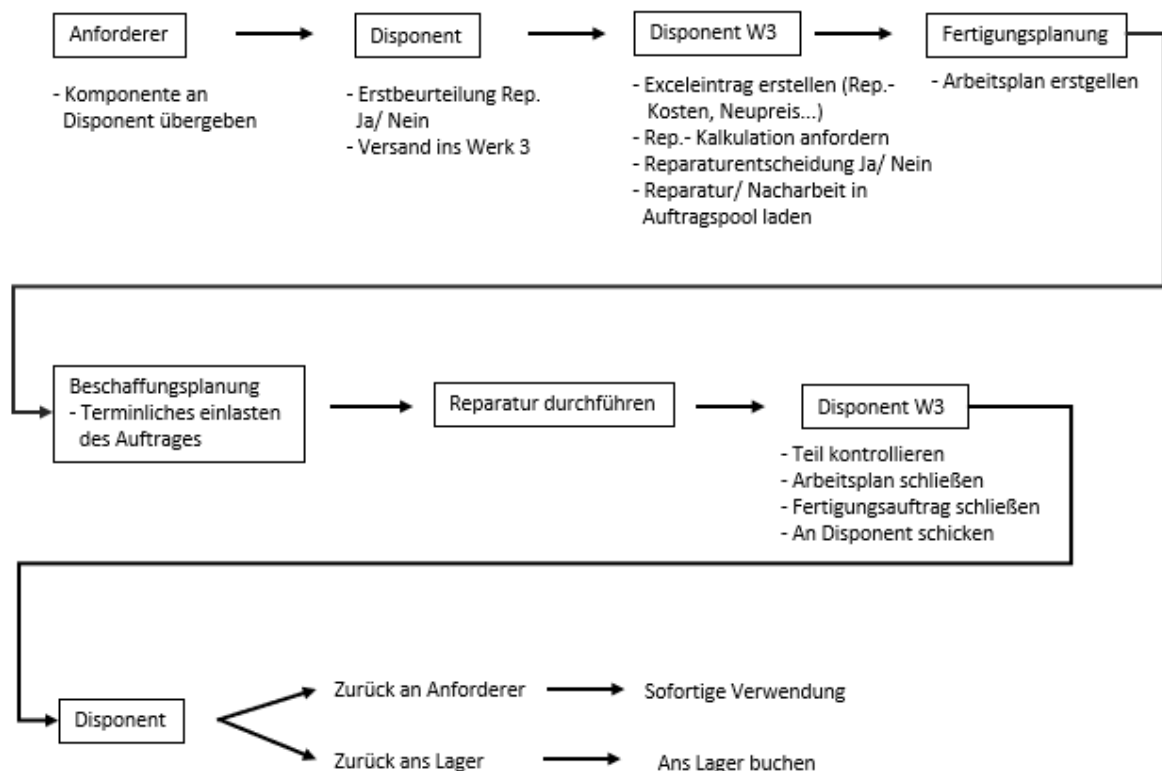


Abbildung 15: Reparaturworkflow Zerspanung Werk 3

Quelle: eigene Darstellung

Hier gilt als Faustregel, ob eine Reparatur durchgeführt wird oder nicht, dass alles, was unter einem Beschaffungswert von 100 Euro liegt, nicht zur Reparatur abgegeben werden soll / muss. Dieser Wert geht von der Schätzung aus, dass die intern entstehenden Reparaturkosten inklusive Verwaltungskosten schon höher sind als 100 Euro und keine Ersparnis gegeben ist.

Werden die Reparaturkosten für die infrage kommenden Bauteile kalkuliert, wird vom ursprünglich hinterlegten Beschaffungswert der Reparaturwert abgezogen. Die Differenz ist der Indikator, ob eine Reparatur durchgeführt wird oder nicht. Hier müssen ein Unterschied bzw. eine Ersparnis von mindestens 50 Euro erreicht werden, ansonsten wird keine Reparatur durchgeführt.

Begründet wird das damit, dass auch in der Reparatur oder Nacharbeit einmal etwas daneben geht und sich bei einem geringen Preisunterschied das Risiko nicht lohnt. Daher wird die Komponente gleich lieber neu gefertigt.

### **Reparatur in der Baugruppenreparatur Werk 2 oder 4 für Standardkomponenten**

Eine etwas spezielle Situation ergibt sich für Reparaturen von Standardkomponenten. Wir konstruieren bei uns in der Automatisierungstechnik mit einem hohen Grad an standardisierten Komponenten. Mit einer relativ geringen Anzahl an unterschiedlichen Handling-Baugruppen, wie pneumatischen- oder elektrische Achsen, Greifer, Dreheinheiten... lassen sich eine Vielzahl von Montage- und Handling-Prozessen konstruktiv ausführen.

In der Folge können mit vergleichsweise wenigen Komponenten eine große Anzahl an Handling-Komponenten repariert werden → schnellere Konstruktionszeiten, geringere Lagerkosten, einfachere und effizientere Instandhaltung.

Im Falle der Reparatur von Baugruppen verhält es sich in ähnlicher Weise wie bei der Reparatur von Bauteilen im Werk 3. Stellt der Anforderer / Mechaniker fest, dass eine Handling-Komponente ausgefallen ist oder kurz davorsteht und somit eine Überholung der Komponente nötig ist, werden die Komponenten, sprich die Baugruppen, beim jeweiligen Disponenten abgegeben und gesammelt. In der Regel erfolgt hier keine Entscheidung über „Reparatur ja oder nein“ seitens des Disponenten. Die Komponenten werden hier nur zentral gesammelt und nach Reparatur-Verantwortungsbereich getrennt und dem jeweiligen Reparatur-Verantwortungsbereich im Werk 2 oder 4 zugeschickt. Hier wird das Schadensbild der Komponenten untersucht und festgestellt, ob eine Reparatur möglich ist und durchgeführt werden soll. Bei stark verschmutzten Komponenten müssen diese vorher oftmals zuerst gereinigt werden, um den Zustand der Komponenten feststellen zu können.

Der Verantwortungsbereich ist nach der Handling-Type getrennt. So werden im Werk 2 beispielsweise Fett- und Öldosiereinheiten repariert, Dreh- und Schwenkeinheiten und vieles mehr. Im Werk 4 hingegen werden Hydraulikzylinder repariert, pneumatische und

elektrische Linearachsen, Antriebs- und Umlenkeinheiten von Linearmontageanlagen usw.

Der große Vorteil dieser Vorgehensweise ist die Konzentration und Spezialisierung auf gewisse Einheiten. Dies macht es beispielsweise auch unnötig, Achsrahmen einer pneumatischen Achse in verschiedenen Werken parallel zu lagern. Es genügt, wenn das Einzelteil an einem Lagerort bevorratet wird, da die Reparatur der jeweiligen Baugruppe an einem zentralen Ort durchgeführt wird. Einzig die komplette Baugruppe selbst muss natürlich in jedem Produktionswerk bevorratet werden, um eine ausgefallene Komponente möglichst schnell und ohne große Wege ersetzen zu können.

Trifft nun eine Box mit gesammelten Einheiten im jeweiligen Reparaturort ein, werden sämtliche Baugruppen inspiziert. Gewöhnlich liegt eine Reparaturanforderung in Papierform bei, welche vom Anforderer/Mechaniker erstellt wurde, um eine langwierige Fehlersuche in der Instandhaltungsabteilung zu vermeiden. So ist sofort klar, was defekt ist. Nun liegt es im Ermessen der reparierenden Mechaniker, ob eine Reparatur durchgeführt wird oder nicht.

Im Gegensatz zur Bauteilreparatur wird hier aber selten eine Kalkulation als Basis für die Entscheidung erstellt. Für gewöhnlich sind die Baugruppen relativ teuer und die Ersatzteile vergleichsweise günstig. Kostet eine neue Achse beispielsweise 800 Euro, eine neue Führung und Antriebszylinder zusammen nur 120 Euro, ist das eine rentable Reparatur.

Wird die Reparatur durchgeführt, bekommt jede Baugruppe eine „Suffix“- Nr., mit welcher dokumentiert wird, wann die Komponente bei der Reparatur war, was gemacht wurde und wer die Reparatur durchgeführt hat. So hat jede Baugruppe einen nachvollziehbaren Lebenszyklus und es kann überprüft werden, welche Einheit wann bei der Reparatur war, was gemacht wurde und aus welcher Anwendung die Komponente stammt.

Wiederum muss aber berücksichtigt werden, dass bei der Entscheidung, ob sich die Reparatur lohnt, die Bearbeitungszeiten bzw. Kosten nur grob eingeschätzt werden. Vieles geschieht hier nach Bauchgefühl bzw. Erfahrung der Mechaniker. Ebenso bleibt unberücksichtigt, dass die Reparaturkosten sehr oft deutlich höher ausfallen als nur der Tausch des defekten Bauteils, da in der Baugruppenreparatur der Anspruch besteht, „neuwertige“ Komponenten zurück ans Lager zu legen, die genau solange Standzeiten

haben wie neue Handling-Komponenten. Somit müssen auch Komponenten wie Pneumatikzylinder, Linearführungen usw. ausgetauscht werden, die noch nicht am Ende ihrer Lebenszeit angelangt sind. Es ist bei solchen Teilen nahezu unmöglich vorherzusagen, wie lange sie noch ihren Dienst tun. Daher macht ein präventiver Austausch Sinn, da hier die Wahrscheinlichkeit fast null ist, dass die Komponente nach zwei oder drei Monaten wegen eines anderen Defektes wieder in der Instandhaltung landet. Daher werden die Baugruppen besser von Anfang an gründlich und sauber überholt.

Mit welchen Kosten der verlorengegangene Abnutzungsvorrat bewertet werden soll, ist nicht definiert bzw. schwer definierbar und wird nicht berücksichtigt. Diese Komponenten werden folglich als verschlissen betrachtet.

Ein Vorteil bei der Standardisierung ist, dass Bauteile, also auch Ersatzteile, in großen Losgrößen hergestellt werden und sich so ein günstiger Bauteil- bzw. Ersatzteilpreis ergibt. Aufgrund dieses Umstandes werden aktuell ca. 90% der abgegebenen Baugruppen tatsächlich repariert.

Zudem können standardisierte Baugruppen, die als reparaturunwürdig eingestuft werden, oftmals ausgeschlachtet und die noch brauchbaren Teile zur Reparatur anderer Baugruppen herangezogen werden. Das macht hin und wieder auch einmal nicht mehr rentable Reparaturen möglich, da gewisse Ersatzteile von ausgeschlachteten Komponenten dazu verwendet werden können, ausgefallene Einheiten zu retten oder neu aufzubauen.

Einen genauen Richtwert, ab wann und bis zu welchen Kosten eine Reparatur durchgeführt wird oder nicht, gibt es aktuell aber nicht. Rein das Gefühl des Mechanikers für Arbeitsaufwand und Ersatzteilekosten entscheiden über die Reparaturwürdigkeit.

Ist die Reparatur erledigt, werden die Komponenten überprüft und bei erfolgreicher Reparatur eine Suffix- Nr. eingraviert, im Prinzip die Identifikationsnummer, mit welcher sich die Komponenten dem Reparaturauftrag zuordnen lässt. Es kann hier also nachverfolgt werden, welche Baugruppe wann und wo revidiert wurde und was genau erledigt worden ist.

Nach durchgeführter Reparatur wird der Reparaturauftrag abgeschlossen und die Komponente zurück ans Lager gelegt.



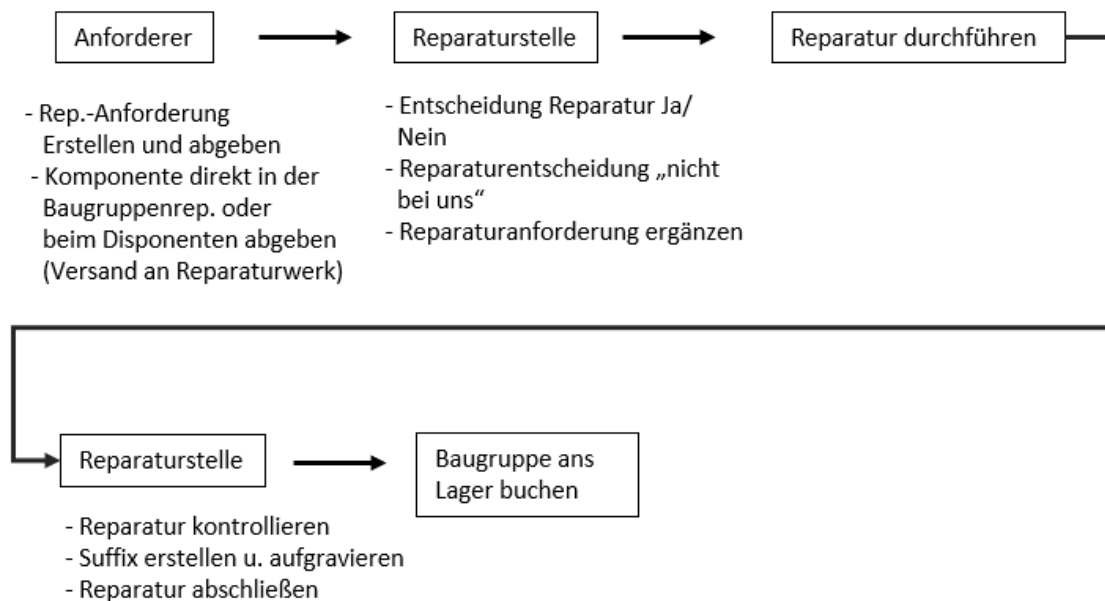


Abbildung 16: Reparaturworkflow Baugruppenreparatur

Quelle: eigene Darstellung

Zu berücksichtigen gilt es, dass die Baugruppenreparatur auch Teil der Lehrlingsausbildung ist und viele Komponenten somit aus lehrtechnischen Gründen demontiert und repariert werden. Hier tritt der wirtschaftliche Gedanke bei der Reparatur vollkommen in den Hintergrund, hier zählt die Ausbildung und die Wissensvermittlung an die Lehrlinge.

Wie bereits erwähnt, werden in der Baugruppenreparatur etwa 90% der abgegebenen Komponenten repariert. Das liegt zum einen daran, dass die Kosten für Ersatzteile, gemessen am Wiederbeschaffungswert der Komponenten, recht gering sind und zum anderen die Standardkomponenten in unserer Automatisierungstechnik durch unsere Partnerfirmen bzw. durch uns möglichst wartungsfreundlich ausgelegt werden. Wie oben erwähnt, wird hier aber aktuell lediglich ein Vergleich der Bauteilkosten zu den Neuananschaffungskosten angestellt. Bearbeitungszeiten für Montage, Demontage und Reinigung der Bauteile werden nicht detailliert berücksichtigt, sondern nur grob geschätzt. Nimmt man diese Zeiten dazu, ergeben sich sicher Komponenten, bei denen es nicht wirtschaftlich ist, eine Reparatur durchzuführen.

Im Gegensatz zur Bauteilreparatur wird hier aber zumindest berücksichtigt, dass im Falle freier Kapazitäten auch Teile repariert werden, bei denen es sich vom Einsatz der Arbeitsstunden her so nicht rentieren würde. Hier spielt der ökonomische Gedanke dann mitunter eine Rolle. Wenn ausreichend Kapazität vorhanden ist, werden also auch unrentable Komponenten lieber repariert als weggeworfen.

### 5.2.3 Workflow externe Reparatur bei Fremdfirmen

Im Gegensatz zur Reparatur „intern“ gibt es für „extern“ nur eine Möglichkeit, wie die Teile zur Reparatur gelangen.

Hier geht wieder alles vom Anforderer aus, welcher die Komponente abgibt und eine Reparaturanforderung in Papierform beim jeweiligen Disponenten auslöst. Nun entscheidet der Disponent, ob und wo (meistens aber beim Komponentenhersteller) die Reparatur durchgeführt wird.

Bei großen Reparaturen, wenn Erfahrungswerte fehlen oder wenn mit der Fremdfirma noch wenig zusammengearbeitet wurde, wird vorab oft ein Angebot für die Reparatur eingeholt. Bei kleineren Reparaturen und guten Geschäftspartnern wird die Komponente aber sehr unkompliziert kurzerhand zur Reparatur geschickt, da ihnen unsere Reparaturbedingungen bereits bekannt sind.

Erfolgt die Entscheidung nun zugunsten einer Reparatur, wird durch den Disponenten die Reparaturanforderung des Mechanikers ins elektronische System übernommen und per E-Mail an die weiteren Bearbeiter abgeschickt. Der technische Einkauf erhält nun eine Reparaturanforderung und stellt einen Lieferschein für den firmeninternen Transport der Komponente vom Ausfallsort in den zentralen Warenversand aus, welcher dem Disponenten per Mail geschickt wird, sowie einen Lieferschein mit Begleitschreiben für den Transport vom Warenversand zum Reparatuer. Der interne und externe Lieferschein sowie das Begleitschreiben sind anschließend über eine Reparaturauftragsnummer fest miteinander verknüpft, d.h. alle drei Schreiben beziehen sich auf ein und dieselbe Auftragsnummer.

Bei Partnerfirmen, die für uns Reparaturen durchführen, gilt die Regelung, dass Reparaturen, bei denen die Rep.- Kosten unter 50% des Neuwertes liegen, bedenkenlos durchgeführt werden können, es erfolgt also keine weitere Begutachtung mehr. Nur bei Reparaturen, deren Reparaturkosten über 50% des Neuwertes erreichen, wird eine weitere Beurteilung nötig, ob die Reparatur erfolgen soll oder nicht. In diesem Fall schickt die Partnerfirma einen Kostenvoranschlag, welcher anschließend durch den Disponenten geprüft wird. Dieser hat nun zu prüfen und zu entscheiden, ob eine Reparatur durchgeführt wird oder eben doch nicht.

Wird in der Folge die Reparatur beim Lieferanten durchgeführt, kommt die reparierte Komponente über den Wareneingang, welcher mit dem beiliegenden Lieferschein die

ausstehende Lieferung als „eingegangen“ abschließt, zurück zum Disponenten. Dieser legt die Komponente wieder in den Lagerplatz bzw. bei Bedarf gibt er die Komponente auch direkt zurück um Anforderer, welcher die Komponente benötigt.

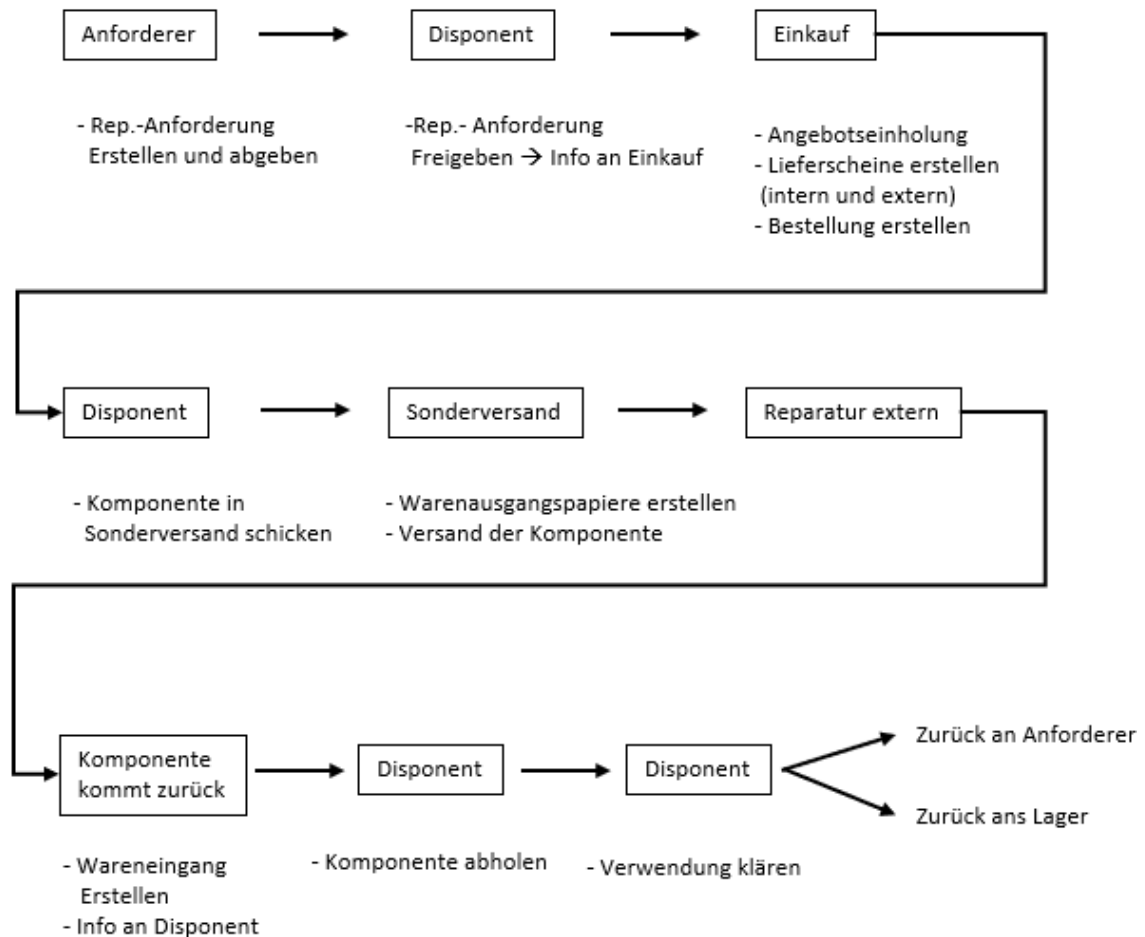


Abbildung 17: Reparaturworkflow externe Reparatur

Quelle: eigene Darstellung

Reparaturen, die extern gehen, bereiten in mehr als einer Hinsicht Schwierigkeiten. Zum einen existiert die vorherrschende Meinung, dass Bauteile erst ab einem Neubeschaffungswert von 300-400 Euro zur Reparatur geschickt werden sollen. Zum anderen gibt es die „50% vom Neubeschaffungswertgrenze“. Unter 50% kann die Reparatur durchgeführt werden, ohne weiter nachzufragen. Die Nutzungsdauerverlängerung wird nicht in die Entscheidung miteinbezogen. Zum dritten gibt es Hersteller, speziell in der Elektromotorenindustrie, die hohe Fixpauschalen für Reparaturen in Rechnung stellen, egal was gemacht wird oder werden muss. Hier sind Pauschalen von 800-900 Euro durchaus

möglich. Somit ist eine Komponente, die recht günstig zu reparieren wäre, wiederum vollkommen unrentabel geworden.

Einer der größten Schwachpunkte ist aktuell, dass reparierte Komponenten, die von Drittfirmen zurückkommen, nicht nachverfolgbar markiert und im Wareneingang auch nicht auf ihre Funktion hin kontrolliert und getestet werden, wie etwa Baugruppen aus der Baugruppenreparatur oder Einzelkomponenten.

Es bliebe einzig die Seriennummer der Komponente zur Erstellung eines „Komponenten-Lebenslaufes“, sofern eine Identnummer sichtbar vorhanden ist, um eine Nachvollziehbarkeit zu ermöglichen. Aber auch diese Variante wird derzeit nicht genutzt. Wie lange eine reparierte Komponente nach der Reparatur im Einsatz ist, kann also nicht nachverfolgt werden, somit ist auch fraglich, ob die Reparatur tatsächlich günstiger als die Neuanschaffung war.

## **6      Wirtschaftlichkeitsbeurteilung der aktuellen Entscheidungskriterien für oder gegen eine Reparatur**

Ein wirklich einheitliches Entscheidungskriterium gibt es in dem Sinn aktuell nicht bzw. nicht durchgängig durch alle Bereiche und alle Werke, wie in Abschnitt fünf herausgearbeitet werden konnte. Vieles obliegt auch der subjektiven Einschätzung der Mechaniker und Disponenten.

Oftmals wurden auch Werte definiert, welche in etwa eingehalten werden sollen. Woher die Werte kommen und ob diese Hand und Fuß haben, ist aber nur schwer nachvollziehbar.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass bei sämtlichen Verfahren der Reparaturanstoß immer vom Anforderer ausgeht, welcher ein defektes Bauteil in Händen hält und der entweder direkt selbst entscheidet, ob eine Reparatur möglich ist oder nicht und diese ggf. auch selbst durchführt, oder ob er diese Entscheidung der nachgelagerten Stelle, dem Disponenten, überlässt. Hierzu stehen in jedem Werk eine gewisse Anzahl an Disponenten zur Verfügung.

Diese organisieren den weiteren Ablauf mit interner Nacharbeit/ Schärfen/ Reparatur oder externem Reparaturauftrag. In fast allen Fällen, in denen der Disponent die Entscheidung trifft, wird der innerbetriebliche Materialtransport benötigt, um Komponenten entweder in ein anderes Werk zur Reparatur zu bringen oder im Warenausgang zum externen Versand zu transportieren.

Bei der externen Reparatur ist zudem noch der Einkauf involviert, der die Versandpapiere bereitstellen muss und ggf. auch bei der Angebotseinholung und Beurteilung Hilfestellung gibt.

Vereinfacht dargestellt könnte man den Workflow derzeit auf folgende Darstellung reduzieren:

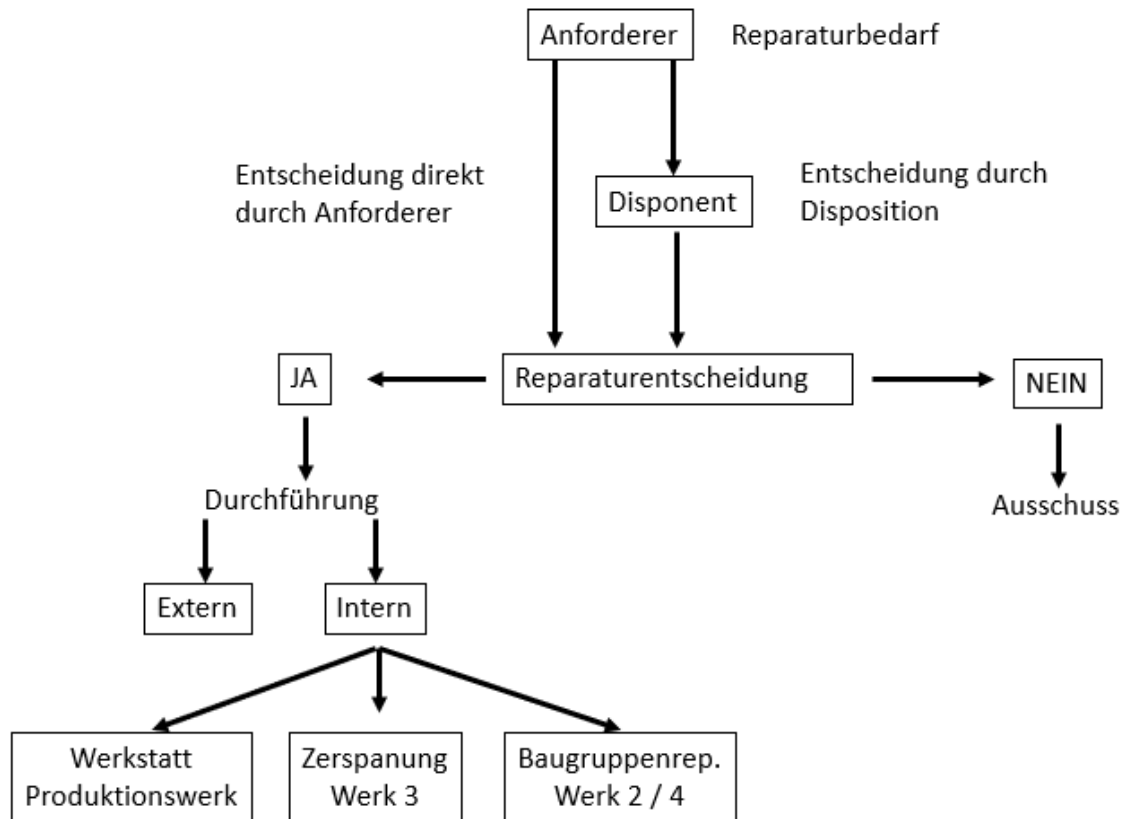


Abbildung 18: Übersicht Reparaturworkflow

Quelle: eigene Darstellung

Fasst man die wichtigsten Punkte zusammen, ergibt sich so eine gute Übersicht über die aktuellen Verhältnisse (siehe Anlage Seite 2).

Im Folgenden sollen die internen Kosten einmal aufgezeigt werden, soweit diese erfasst und bewertet werden können, um die entstehenden Verwaltungskosten aufzuzeigen.

## 6.1 Firmenintern entstehende Kosten

Um die entstehenden Kosten zu erfassen, ist es zunächst einmal notwendig, aus den erarbeiteten Arbeitsweisen die Tätigkeiten, welche an den betreffenden Stellen ausgeführt werden müssen, zusammenzufassen und zeitlich sowie monetär zu bewerten.

### 6.1.1 Verwaltungskosten für eine interne Reparatur

Wie sich in Abschnitt 6.2 herausgestellt hat, kann die interne Reparatur in drei Arten unterteilt werden:

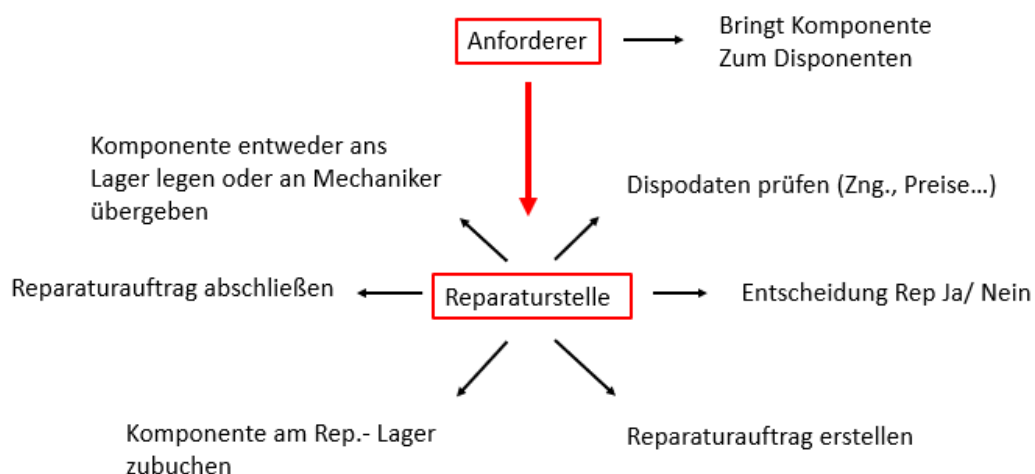
#### Reparatur direkt in der Werkstatt nach Ausfall eines Bauteils

Im ersten Fall, bei der Reparatur direkt im Werk durch den Mechaniker, fallen im Prinzip keine Verwaltungskosten an. Es obliegt dem Mechaniker abzuschätzen, wie lange eine Reparatur dauert und ob dies günstiger ist, als den Teil neu fertigen zu lassen bzw. eine zugkaufte Komponente neu zu bestellen. Grundsätzlich wird eine Reparatur hier nur ausgeführt, wenn nicht viel zu tun ist oder die Reparatur sehr dringend ist.

#### Reparatur direkt im Werk über Auftrag

Für den zweiten Fall sieht es nicht mehr ganz so einfach aus. Um zu klären, welche Aufgaben hier durch die jeweiligen Stellen erledigt werden müssen, werden aus dem Workflow die entsprechenden Stellen mit ihren Tätigkeiten herausgefiltert.

Es ergibt sich folgende Darstellung:



Quelle: eigene Darstellung

Für die erforderlichen Tätigkeiten des Disponenten, der die Reparatur beurteilt, ergibt sich eine geschätzte Bearbeitungszeit von etwa 20 min. pro Auftrag. Bei einem angenommenen Stundensatz von 75 Euro ergibt das Bearbeitungskosten von 25 Euro.

## Reparatur in der Baugruppenreparatur im Werk 2 oder 4

Analog zur den vorigen Reparaturarten folgt die Zusammenfassung der Tätigkeiten auch für die Reparatur in der Baugruppenreparatur im Werk 2 und Werk 4

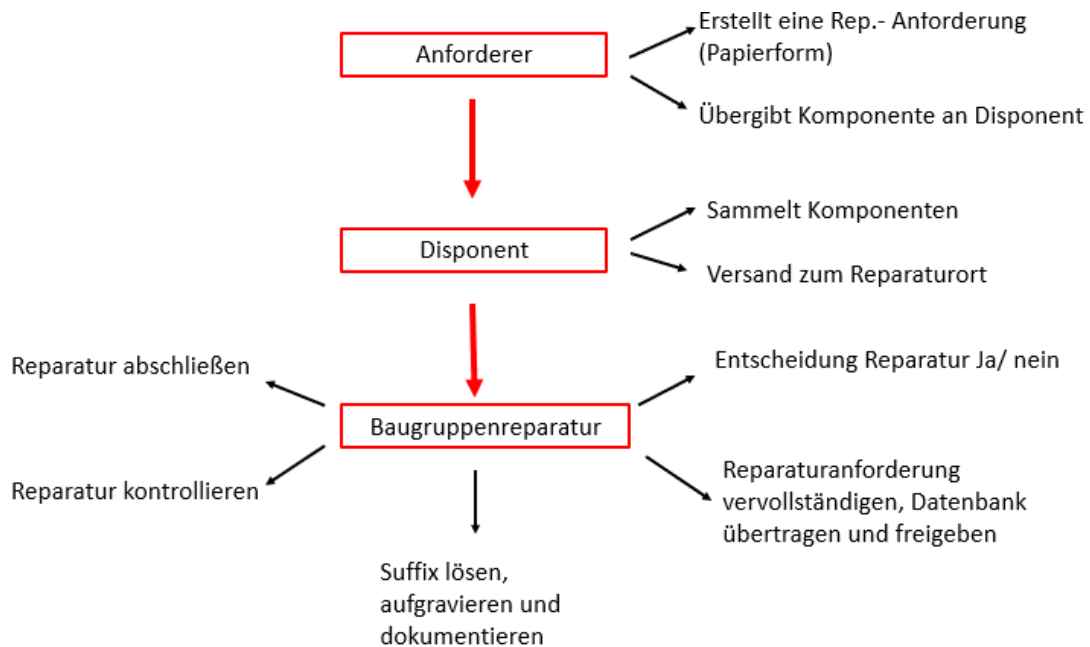


Abbildung 20: Workflow Reparatur in der Baugruppenreparatur

Quelle: eigene Darstellung

Für die erforderlichen Tätigkeiten ergibt sich eine geschätzte Bearbeitungszeit von ca. 20 min. Bei einem angenommenen Stundensatz von 50 Euro bedeutet das Kosten in Höhe von 16,60 Euro.

Nicht mitgerechnet ist hier das Reinigen und Zerlegen der Komponenten, was oftmals, aber nicht immer nötig ist, um eine Reparierbarkeit festzustellen. Das Reinigen und Zerlegen dauert auch je nach Komponente einmal länger oder kürzer, sodass es schwer ist, hierfür einen Zeitwert festzulegen.



### Reparatur in der zerspanenden Fertigung im Werk 3

Auch für diese Reparaturart wird aus dem Workflow eine Übersicht erstellt, welche Stelle welche Aufgaben zu erfüllen hat:

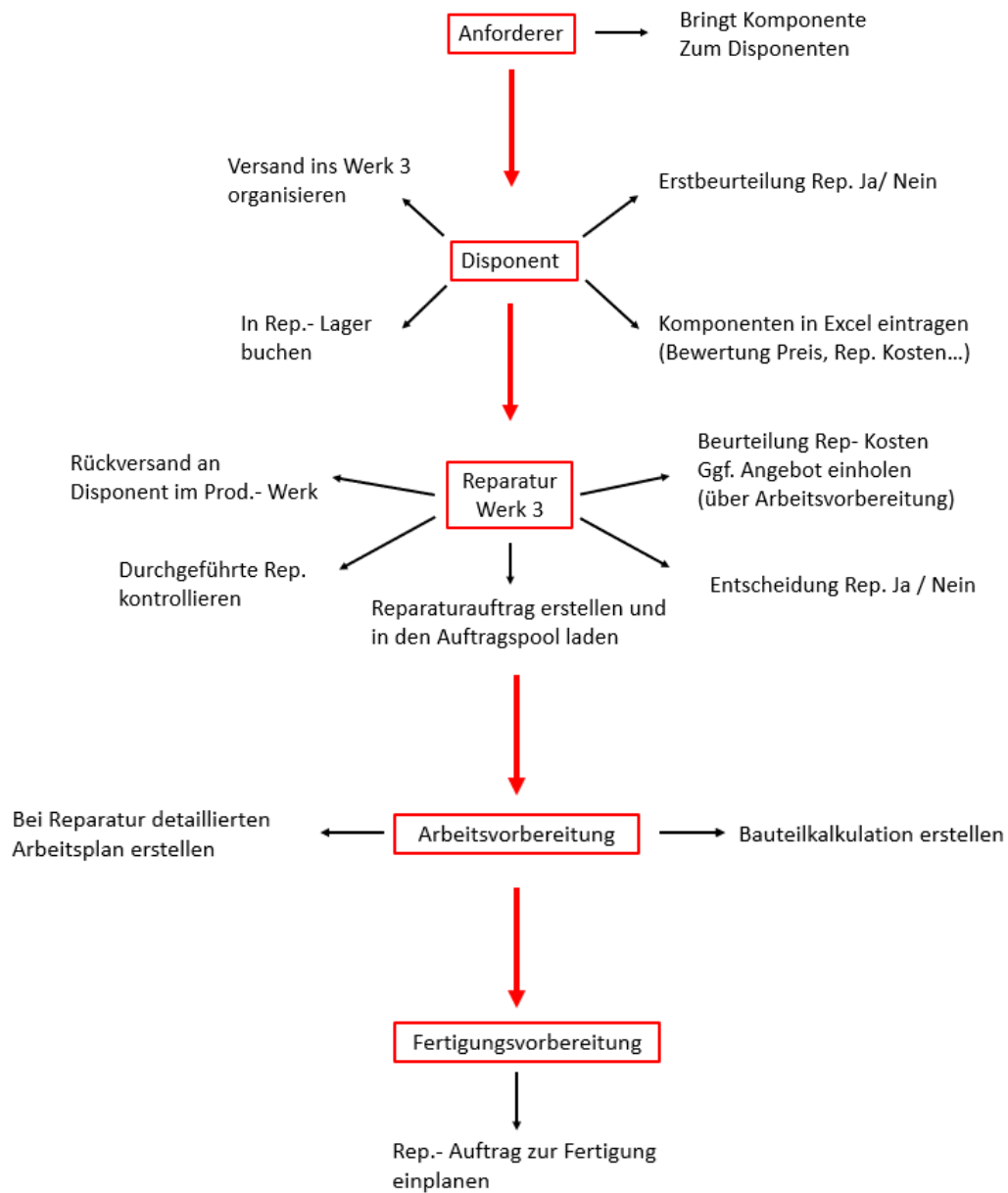


Abbildung 21: Workflow Reparatur im Werk 3

Quelle: eigene Darstellung

Für die erforderlichen Tätigkeiten ergibt sich eine geschätzte Bearbeitungszeit von ca. 10 min. für den Disponenten, 20 min. für den Reparaturspezialisten, welcher die Reparierbarkeit im Werk3 beurteilt, ca. 10 min. für die Arbeitsvorbereitung und ca. 10 min. für die

Fertigungsvorbereitung, in Summe also gut 50 min. Da alles Büroarbeitsplätze sind, wird mit einem Stundensatz von 75 Euro gerechnet, was also Verwaltungskosten von ca. 68,75 Euro bedeutet. Man muss hier aber sagen, dass es sich bei den angenommenen Zeiten um Schätz- Zeiten handelt, oftmals sind die Aufwände auch deutlich geringer.

## 6.1.2 Verwaltungs- und Transportkosten externe Reparatur

Bei Reparaturen, welche unternehmensextern bei Drittfirmen durchgeführt werden, läuft die Bestellung über den technischen Einkauf. Grund dafür ist, dass Reparaturen eingekauft werden.

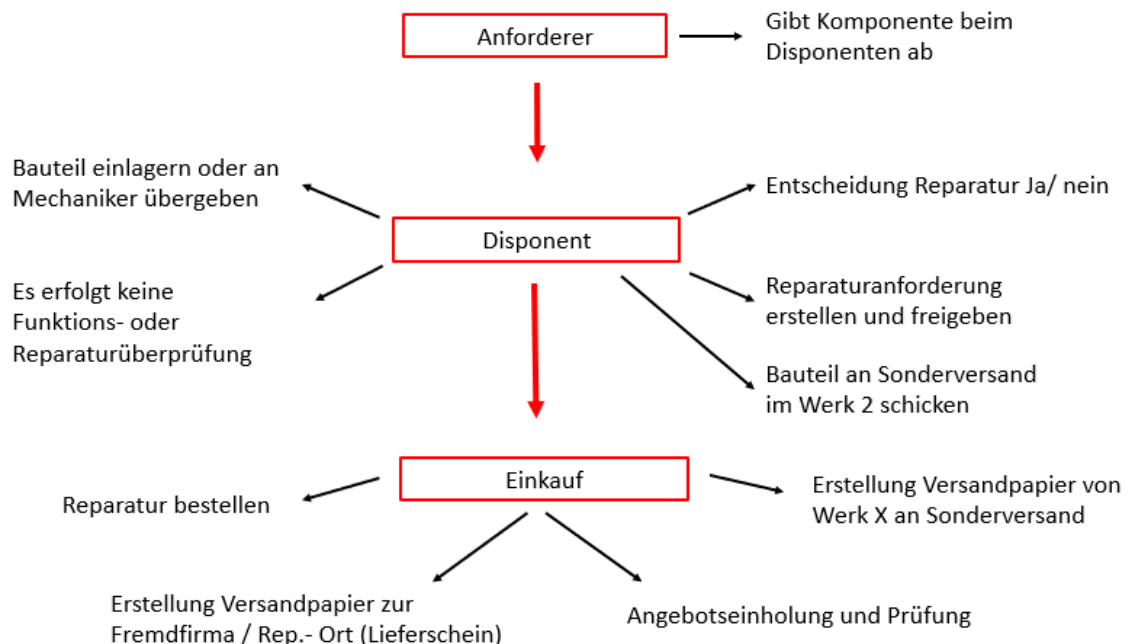


Abbildung 22: Workflow Reparatur bei Drittfirmen

Quelle: eigene Darstellung

Für die erforderlichen Tätigkeiten ergibt sich eine geschätzte Bearbeitungszeit von ca. 30 min für den Disponenten und ca. 20 min. für den Einkauf, insgesamt also gut 50 Minuten. Beim Disponenten wird berücksichtigt, dass bei der einen oder anderen Reparatur Rückfragen zu klären sind bzw. die Kosten über der 50% Grenze liegen. Hier sind ebenfalls alles Büroarbeitsplätze, wo wir von einem Stundensatz von 75 Euro ausgehen, also wären wir abermals bei Verwaltungskosten von etwa 68,75 Euro.

## 6.2 Bewertung der aktuellen Reparaturprozesse

Allem voran einmal die Definition eines Prozesses. Das Wort „Prozess“ leitet sich vom lateinischen „Procedere“ ab, was so viel wie „voranschreiten“ bedeutet. Damit gemeint kann entweder ein Vorgang, eine Entwicklung oder auch ein Verlauf sein. Ein Prozess ist die inhaltliche und sachlogische Abfolge von Funktionen, zur Erzeugung eines Objektes. Am Ende gibt es also ein beschreibbares Ergebnis, beispielsweise ein Werkstück, eine Information oder ein Materialfluss<sup>43</sup>.

Ein Prozess benötigt Eingangsgrößen, um eine Ausgangsgröße (Ergebnis) zu erzeugen. Außerdem wird ein Lieferant benötigt, welcher die Eingangsgrößen liefert. Am Ende steht der Kunde, der ein gewisses Ergebnis erwartet.

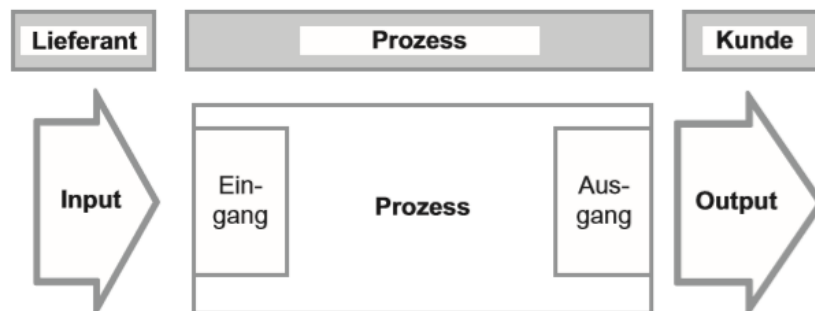


Abbildung 23: Prozessdarstellung

Quelle: Becker; Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren, S 8

Ein Prozess muss nicht zwingend für sich alleine stehen, er kann Start- oder Endpunkt weiterer Prozesse sein, sie können sich hierarchisch über mehrere Ebenen aufteilen oder auch aus vielen verschiedenen Teilprozessen bestehen<sup>44</sup>.

---

<sup>43</sup> Vgl. Becker, Torsten; Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren; Springer- Verlag Berlin, 3. Auflage, 2018, S7

<sup>44</sup> Vgl. Becker, Torsten; Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren; Springer- Verlag Berlin, 3. Auflage, 2018, S8

Ein Prozess ist optimal, wenn er effizient und effektiv ist. Effektiv ist ein Prozess dann, wenn er das gewünschte Ergebnis erzielt → „das Richtige machen“. Ein effizienter Prozess erreicht sein Ziel mit minimalen Mitteleinsatz → „die Aufgaben richtig machen“. Es handelt sich also um zwei voneinander unabhängige Parameter <sup>45</sup>.

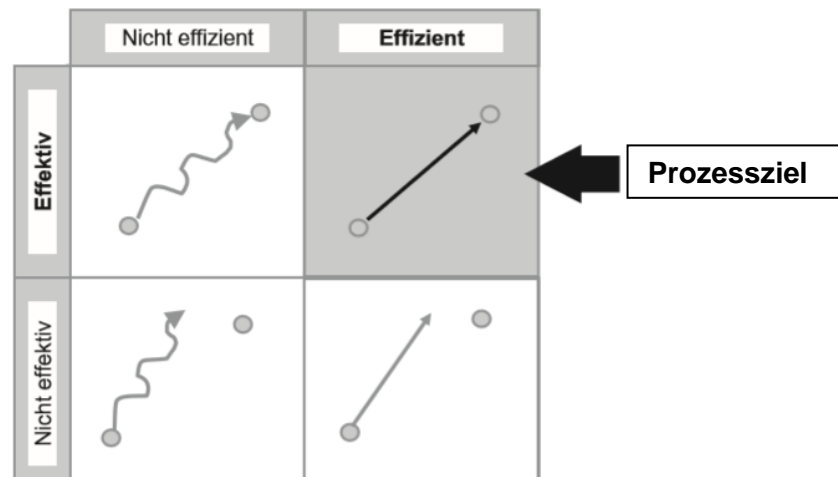


Abbildung 24: Effektivität und Effizienz

Quelle: Becker; Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren, S 12

Bei der Reparatur von Bauteilen ist das Ziel, so viele Komponenten wie möglich zu reparieren, ohne dabei mehr Ressourcen in Form von Kapital und Zeit zu benötigen, als bei der Neuherstellung benötigt werden würde. D.h. effektiv ist der Reparaturprozess, wenn durch die Reparatur Geld eingespart werden kann. Effizient ist er, wenn mit möglichst wenig Ressourcenverbrauch möglichst viel Geld eingespart werden kann.

<sup>45</sup> Vgl. Becker, Torsten; Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren; Springer- Verlag Berlin, 3. Auflage, 2018, S13

In unserem Fall kann der Prozess wie folgt dargestellt werden:

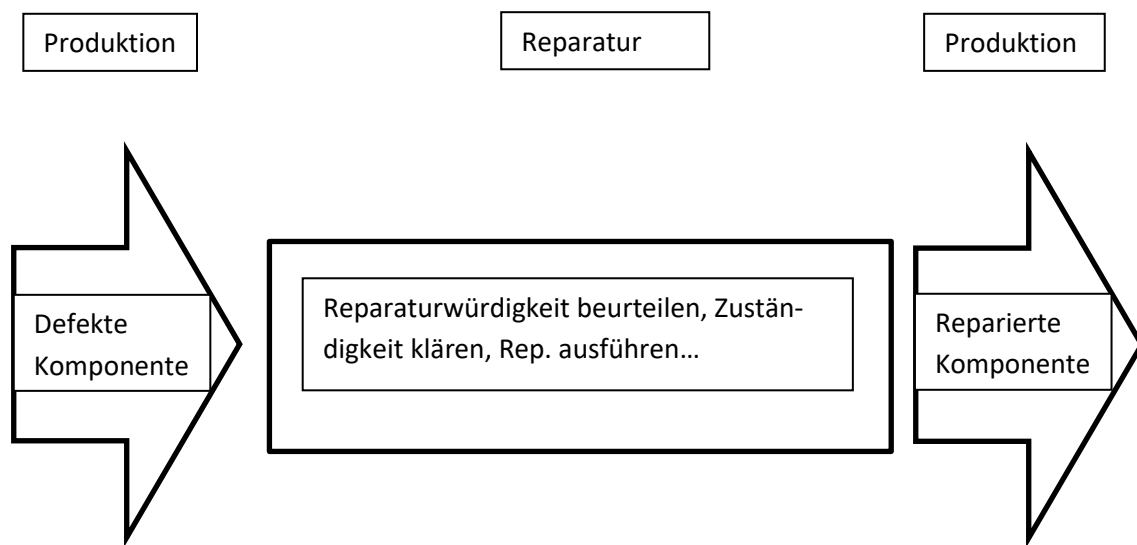


Abbildung 25: Reparaturprozessdarstellung

Quelle: eigene Darstellung

Die Schwierigkeit besteht nun darin, die benötigten Eingangswerte zu erhalten, um sie mit den Ausgangswerten zu vergleichen.

Es wäre dazu erforderlich, durchgängig eine Auflistung zu führen, wie viele von den abgegebenen Komponenten repariert worden sind und wie viele nicht mehr reparabel waren. Bei den Komponenten, bei denen eine Reparatur durchgeführt wurde, müssen die genauen Reparaturkosten dokumentiert und mit den Neuanschaffungswerten verglichen werden. Am Ende müssen möglichst viele reparierte Komponenten stehen, welche in Summe eine möglichst große Ersparnis ergeben.

Doch leider werden solche Aufzeichnungen bisher nicht durchgängig in entsprechender Weise geführt, sodass eine Bewertung nicht ohne weiters möglich ist oder aufgearbeitet werden kann. Lediglich in der zerspanenden Fertigung im Werk 3 wird von Anfang an eine solche Bewertung durchgeführt, die sich auch in Zahlen ausdrücken lässt.

Für sämtliche anderen Bereiche lässt sich eine solche Auswertung mangels Daten nicht durchführen. Eine Bewertung der aktuellen Vorgehensweise fällt somit sichtlich schwer.

### **6.2.1 Zerspanung Werk 3**

Einzig für die Reparatur in der zerspanenden Fertigung im Werk 3 stehen, wie bereits oben erwähnt, genügend Daten zur Verfügung, die bereits ständig mitausgewertet werden. Denn hier muss zumindest auf dem Papier eine Ersparnis gegeben sein. Es werden zwar derzeit keine verwaltungstechnischen Bearbeitungszeiten miteingerechnet, jedoch beläuft sich der rein auf den Fertigungswert bezogene Betrag auf eine Ersparnis von über 60.000 Euro jährlich. Zudem ist hier eine Übersicht gegeben, welcher Anteil an abgegebenen Bauteilen tatsächlich repariert wird und welcher in den Ausschuss geht.

Was hiervon noch abgezogen werden muss, sind aber die Verwaltungskosten je Bauteil, welche in etwa anfallen. Dann fällt die Summe schon etwas geringer aus. Trotzdem wird unter dem Strich eine positive Ersparnis übrigbleiben, da der Großteil der Komponenten deutlich über der 50 Euro Grenze liegen und bei der Reparatur somit Geld einsparen.

### **6.2.2 Baugruppenreparatur**

In der Baugruppenreparatur besteht die Schwierigkeit darin, dass aktuell nirgends festgehalten wird, wie viel Zeit für eine Reparatur wirklich aufgewendet wird. Zudem ist die Baugruppenreparatur Teil der Lehrlingsausbildung. Zwar sind Lehrlinge im Stundensatz günstiger anzusetzen als Fachpersonal, dafür benötigen sie für Reparaturen mehr Zeit. Daher muss in diesem Bereich mitberücksichtigt werden, dass auch Komponenten zu Schulungszwecken repariert werden, die eigentlich nicht rentabel reparierbar sind.

Wenigstens ist hier aktuell eine nachverfolgbare Übersicht gegeben, welche Baugruppe wann und wie oft repariert wurde. Wenn die Daten weiterhin entsprechend sauber aufbereitet und dokumentiert werden, kann mit der Zeit auch eine Ausarbeitung und Aussage darüber getroffen werden, wie lange eine Komponente nach der Reparatur bis zum nächsten Ausfall durchschnittlich im Einsatz ist.

Ein Vermutstropfen ist, dass die Reparaturberichte aber nicht durchgängig vollständig sind. Im betreffenden Abschnitt, wo die durchgeführten Tätigkeiten aufgelistet werden sollen, ist häufig nur „generelle Überholung“, „Verschleißteile getauscht“, „allgemeine

Revision“, „defekte Teile ausgetauscht“ oder Ähnliches zu lesen. Es kann also nicht ermittelt werden, welche Tätigkeiten genau ausgeführt und welche Teile ausgewechselt wurden.

Es ist aktuell lediglich eine theoretische Betrachtung möglich, in welchem Ausmaß sich bei Standardbaugruppen und -komponenten eine Reparatur lohnt. Dazu werden im Folgenden verschiedene pneumatisch angetriebene Achsen, Greifer und Dreheinheiten betrachtet.

Als Vorgabe in der Baugruppenreparatur gilt, dass die Komponenten nach erfolgter Reparatur jeweils neuwertig sein müssen, d.h. ihre Lebensdauer muss der Lebensdauer einer neuen Komponente entsprechen. Dazu ist es erforderlich, sämtliche Verschleißteile wie Lager, Führungen, Antriebszylinder, Lagerbuchsen usw. auszutauschen. Welche Komponenten in den jeweiligen Baugruppen getauscht werden müssen, lässt sich aus der Stückliste herauslesen, ebenso kann der Preis für diese Bauteile ermittelt werden.

Nun soll eine Auflistung erstellt werden, welche den Neupreis der Komponente ins Verhältnis mit den Verschleißteilen setzt. Ziel ist es zu untersuchen, welchen Anteil die Verschleißteile am Wiederbeschaffungswert ausmachen.

Weiters soll errechnet werden, welche Zeit theoretisch für eine Reparatur zur Verfügung steht, wenn ein Arbeitsstundensatz von 50 Euro/Stunde zugrunde gelegt wird und wenn vom Neupreis bzw. auch vom 50%-Wert die Verschleißteilkosten abgezogen werden (detaillierte Auflistung siehe Anlage Seite 3).

Aus der erstellten Auflistung lässt sich ablesen, dass die Verschleißteile im Verhältnis zu den Wiederbeschaffungskosten meistens schon zwischen etwa 20 bis 25% liegen, tw. natürlich auch darüber oder darunter. D.h., in der Regel kann man davon ausgehen, dass etwa 25% der Wiederbeschaffungskosten in der Reparatur schon alleine durch die Verschleißteile anfallen, die auf jeden Fall getauscht werden müssen, um der Produktion neuwertige Komponenten zur Verfügung stellen zu können.

Zieht man nun von Baugruppen- Neuanschaffungskosten die Verschleißteilkosten ab und dividiert ihn durch den Stundensatz, erhält man die Anzahl der Arbeitsstunden, welche noch maximal aufgewendet werden dürfen, um nicht teurer zu sein als bei einer Neuanschaffung.

Schaut man sich diese Zahlen an, bewegen sich die zulässigen Arbeitszeiten größtenteils jenseits eines Arbeitstages. Diese zur Verfügung stehenden Zeiten sollten definitiv ausreichen, um die jeweilige Komponente gründlich zu reinigen, zu inspizieren und die Verschleißteile auszutauschen, sowie die verwaltungstechnischen Dokumente auszufüllen.

Derselbe Vorgang lässt sich auch durchführen, wenn man den Reparaturwert auf maximal 50% des Neuanschaffungswertes reduziert. Halbiert man nun also die Wiederbeschaffungskosten, zieht die Verschleißteilkosten davon ab und dividiert diesen Wert wieder durch den Stundensatz, erhält man wieder jene Anzahl an Arbeitsstunden, welche max. aufgewendet werden darf, um nicht mehr als die Hälfte der Neuanschaffungskosten in die Reparatur zu stecken.

Die hierbei zur Verfügung stehenden Arbeitszeiten sind deutlich reduziert und werden sich in der Regel nur schwer realisieren lassen. 2-3 Stunden Arbeit sind recht rasch aufgewendet, wenn die Komponenten gründlich gereinigt, inspiziert und wieder sämtliche Verschleißteile ausgetauscht werden müssen.

Als Ergebnis dieser Betrachtung lässt sich sagen, dass auch das Reparaturverfahren in der Baugruppenreparatur zumindest nicht unwirtschaftlich ist. Wieviel Geld genau durch das Reparieren gespart wird, lässt sich aktuell aber nur schätzen. Es ist aber unwahrscheinlich, dass die Reparaturzeiten die in der Auflistung angegebenen Werte überschreiten, wenn man sich die Handling-Komponenten anschaut und den Arbeitsaufwand abschätzt.

Eine 50%- Reparaturgrenze (Verschleißteilkosten + Arbeitsaufwand) scheint angesichts der wenigen übrigbleibenden Arbeitsstunden aber nicht zielführend, dieser Wert würde wohl meistens übertroffen werden. Diese Erkenntnis lässt sich sicher auch auf externe Reparaturen übertragen.



Es muss ebenso angeführt werden, dass Hauptkomponenten wie Achsrahmen, Achsschlitten, Greifergehäuse, Greiferzangen usw. als einzelnes Ersatzteil, trotz der großen Losgrößen, sehr teuer sind und im Falle eines derartigen Defektes eine Reparatur meistens somit nicht mehr lohnend ist. Kommen zu den Verschleißteilen nochmal 100 bis 300 Euro für diese Komponenten dazu, wird es mit einer Kostenersparnis schon sehr eng, sofern keine Ersatzteile von ausgeschlachteten Einheiten verfügbar sind. In diesem Fall wäre von einer Reparatur eher abzuraten.

### **6.2.3 Reparatur bei Drittfirmen**

Bei Komponenten, welche unternehmensextern repariert werden, fehlt derzeit absolut jegliche Übersicht oder Nachvollziehbarkeit, welche Komponente zur Reparatur geschickt wurde, was defekt war, was alles repariert/durchgeführt wurde oder wie lange eine Komponente nach einer Reparatur im Einsatz ist, bevor eine neuerliche Reparatur erforderlich wird. Es ist davon auszugehen, dass eine reparierte Komponente meistens nicht jene Lebensdauer aufweist, welche eine neue hat. Nur mit Zahlen belegbar ist das aktuell nicht.

Speziell die 50%-Regel lässt die Frage offen, ob das die richtige Methode ist. Unter 50% dürfen die Komponenten auch ohne Rückfragen durch Drittfirmen repariert werden. Wie lange die Komponenten dann aber neuerlich wirklich im Einsatz sind, ist nicht erfasst. Ebenso ist nicht bekannt, ob die Drittfirmen bei ihrer Entscheidung eine Laufzeitverlängerung in ihre Reparaturrentscheidung miteinfließen lassen oder nicht.

Bei mehr als 50% Reparaturwert werden vielfach gleich neue Komponenten angeschafft statt repariert. Wie oft eine Rückfrage erfolgt, zu welchen Gunsten entschieden wird und weshalb die Entscheidung getroffen wurde, wird aber wieder nicht erfasst.

Als Beispiel wäre eine Reparatur zu nennen, die laut Kostenvoranschlag gut 4.000 Euro kostet. Ein neues Handling würde mit 6.000 Euro zu Buche schlagen. Nun ist die Frage reparieren oder nicht? Aufgrund der geltenden Regelung wäre die Entscheidung wohl „keine Reparatur“. Doch dabei wird oft leider sehr kurzsichtig gedacht und nicht berücksichtigt, welche Komponenten ausgetauscht werden müssen.

Betrifft die Reparatur nämlich nur die (bewegten) Hauptkomponenten und die restlichen Teile wie Halter, Stecker, Aufnahmen... werden weiterverwendet, da sie ohnehin nicht ausfallen (Crashsituation ausgenommen), wäre eine Reparatur durchaus lohnend. Es

kann davon ausgegangen werden, dass die reparierte Komponente nach der Reparatur mindestens die gleiche Lebensdauer aufweist, wie sie schon abgeleistet hat. Es ergäbe sich ein Einsparungspotential von ca. 2.000 Euro.

Es ist also gerade bei teuren Komponenten sehr wahrscheinlich, dass viel Geld durch die geltende Regelung verloren geht, wenn bei über 50% generell gleich eine neue Komponente beschafft statt repariert wird. Nur eben durch Zahlen kann das aktuell nicht belegt werden.

Weiters gilt die Regelung, dass Bauteile, die extern repariert werden sollen, mindestens zwischen 300-400 Euro kosten müssen, sonst rentiert sich die Reparatur nach der derzeit geltenden Meinung aufgrund der entstehenden Arbeitsaufwände nicht. In diesem Bereich wären möglicherweise aber durchaus Komponenten vorhanden, welche mit einem vertretbaren Aufwand reparierbar wären.

Da wiederum nicht aufgezeichnet wird, welche Komponenten von dieser Regel betroffen sind und ausgemustert werden, lässt sich auch nicht sagen, ob diese Vorgehensweise richtig oder falsch ist.

Kommen reparierte Komponenten zurück, wird nicht überprüft, ob die Reparatur erfolgreich war oder nicht. In Verbindung mit dem Umstand, dass durch Drittfirmen reparierte Komponenten nicht gekennzeichnet werden, kann im Falle einer nicht erfolgreichen Reparatur keine Garantie oder neuerliche Reparatur auf Kosten der Drittfirma geltend gemacht werden.

Zu berücksichtigen gilt hier auch der Umstand, dass viele Komponenten nach der Reparatur wieder monatelang in einem Lagerplatz verbleiben, sodass ein möglicher Garantie- oder Gewährleistungsanspruch ggf. auch verjährt. Im Falle einer festgestellten nicht erfolgreichen Reparatur kann in diesem Fall nicht reklamiert werden.

Ob und wie oft dieser Fall auftritt, kann mangels Dokumentation leider nicht überprüft werden.

Als Ergebnis dieser Betrachtung kann der Schluss gezogen werden, dass diese Vorgehensweise als nicht sehr wirtschaftlich betrachtet werden kann. Zum einen ist die 50%-Marke sehr fragwürdig, denn mit Bauteilkosten und Arbeitsstunden ist die 50%-Grenze

schnell erreicht. Dies zeigt die Ausarbeitung der Komponenten für die Baugruppenreparatur im Abschnitt 6.2.2.

Zum anderen muss an der Untergrenze von 300-400 Euro Kritik geübt werden, denn dieser Wert ist sicher zu hoch angesetzt. Wird der Wert niedriger angesetzt oder wird alles abgegeben und dann durch eine Fachperson bewertet, können sicher weitere Komponenten für eine Reparatur ausgefiltert werden.

## 6.3 Zusammenfassung

Fasst man den Abschnitt 6.2 zusammen, lässt sich folgende Übersicht mit Schwachstellen erstellen:

Reparatur Produktionswerkstatt	Reparatur intern über Werk 3	Reparatur intern Baugruppenreparatur	Reparatur extern
<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine Übersicht welche Komponenten repariert werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bewertung bereits durchgeführt, Ersparnis mehrere 10.000 Euro pro Jahr</li> <li>Allerdings ohne verwaltungstechnischen Aufwand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teils mangelnde (nicht vollständige) Reparaturberichte</li> <li>Keine Aufzeichnungen über Rep.-Dauer</li> <li>Keine genauen Grenzwerte für die Entscheidung Reparatur ja/nein</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine Erfassung/Kennzeichnung reparierter Komponenten</li> <li>Somit keine Nachvollziehbarkeit über Reparaturserfolg bzw. weitere Lebensdauer, somit auch keine Ersparnisrechnung möglich</li> <li>50%- Wert fraglich</li> <li>Untergrenze 300-400 Euro fraglich</li> <li>Keine Überprüfung auf Reparaturserfolg</li> </ul>

Tabelle 1: Schwachpunkte Reparaturorte

Diese Übersicht gibt bereits ganz klar Anhaltspunkte, was bei den einzelnen Reparaturverfahren verbessert werden könnte.

Beurteilt man nun übersichtlich die Wirtschaftlichkeit anhand der ausgearbeiteten Punkte, sieht das Ergebnis für die Reparaturprozesse folgendermaßen aus:

Reparatur Produktionswerkstatt	Reparatur intern über Werk 3	Reparatur intern Baugruppenreparatur	Reparatur extern
<p>Wirtschaftlich: Ja</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schnelle Reaktionszeit bei Ausfällen</li> <li>• Kleine Reparaturen sind ohne große Umwege durchführbar</li> </ul>	<p>Wirtschaftlich: Ja</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 Euro Ersparnis muss rechnerisch gegeben sein</li> <li>• Verwaltungskosten aber schon bei 68,75 Euro</li> <li>• Nicht jede Rep. hat nur 50 Euro Ersparnis, oftmals auch mehr</li> <li>• Wie viele Reparaturen über 68,75 Euro Ersparnis liegen, müsste geprüft werden</li> <li>• Lässt sich aber prüfen und nachvollziehen</li> <li>• Kontrolle auf Rep.-Erfolg wird durchgeführt</li> </ul>	<p>Wirtschaftlich: Ja</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anteil Verschleißteile an Neubeschaffungswert ca. 25%</li> <li>• Es verbleibt genug Arbeitszeit für die Reparatur übrig</li> <li>• Reparierte Komponenten werden gekennzeichnet</li> <li>• Kontrolle auf Rep.-Erfolg wird durchgeführt</li> </ul>	<p>Wirtschaftlich: Nein</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Aufzeichnungen über reparierte Komponenten</li> <li>• Keine Kennzeichnung reparierter Komponenten</li> <li>• Keine Überprüfung auf Rep.-Erfolg</li> <li>• 50%- Regel fraglich</li> <li>• Reparaturuntergrenze fraglich</li> </ul>

Tabelle 2: Beurteilung der Wirtschaftlichkeit

Zieht man also einen Strich unter die aktuellen Reparaturarten und ihre Workflows, lässt sich insgesamt ein positives Ergebnis erkennen. Die Verfahren sind größtenteils effektiv. Wie effizient sie sind, lässt sich an dieser Stelle aber nicht sagen.

Das Ziel, Geld und Zeit zu sparen, kann in drei von vier Fällen erreicht werden. Lediglich die Reparatur bei Drittfirmen lässt sich hier nur sehr schwer beurteilen. Die Beurteilung fällt hier letzten Endes deswegen negativ aus, weil keine Möglichkeit besteht, irgendwelche Daten auszuarbeiten und zu bewerten.

## 7 Künftiges Entscheidungskriterium für oder gegen eine Reparatur

Ob eine Reparatur durchgeführt wird oder nicht, hängt zuallererst einmal davon ab, ob sich Bauteile und Komponenten überhaupt reparieren lassen.

Dieses K.O.-Kriterium gilt für den privaten Konsum gleichermaßen wie für Güter, die in Industriebetrieben benötigt werden. Vielfach werden Produkte gezielt so ausgeführt, dass eine Reparatur nur sehr schwer und unter großem zeitlichen Aufwand durchführbar ist.

Man spricht hier ganz allgemein von „Instandhaltbarkeit“. Sie ist die technische Eigenschaft eines Erzeugnisses, in einsatzfähigem Zustand gehalten zu werden. Sie beeinflusst unmittelbar, in welchem Umfang, in welchem Ablauf und mit welchem Aufwand die Instandhaltung erfolgen muss. Der Konstrukteur hat durch seine Tätigkeit direkten Einfluss auf die Instandhaltungskosten, indem er die Konstruktion mehr oder weniger instandhaltungsgerecht ausführt. Eine instandhaltungsgerechte Konstruktionsweise von Komponenten reduziert Häufigkeit, Dauer und somit am Ende die Kosten der Inha<sup>46</sup>.

Die Instandhaltbarkeit wird von einer ganzen Reihe von Faktoren maßgeblich beeinflusst. Von vornherein gilt es für den Konstrukteur zu berücksichtigen, dass

- Bauteile gut zugänglich sind
- Möglichst viel Standardkomponenten bzw. Normteile verwendet werden
- Eine leichte Austauschbarkeit gegeben ist
- Abdeckungen leicht zu öffnen oder auch zu entfernen sind
- Neuteile leicht für eine optimale Funktion einjustiert werden können
- Der Reparaturvorgang leicht auf Erfolg überprüft werden kann
- Die Sicherheit des Inha-Personals zu jeder Zeit gegeben ist<sup>47</sup>

---

<sup>46</sup> Vgl. Strunz, Matthias; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, Seite 76

<sup>47</sup> Vgl. Weißenbach, Andreas; Professionelles Instandhaltungsmanagement; Strategie-Organisation-Kooperation, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2017, Seite 19

Es handelt sich hier aber nur um eine kleine Auswahl an Kriterien, welche oftmals bewusst oder unbewusst zu wenig beachtet werden.

Somit beginnt die Wirtschaftlichkeit der Instandhaltung bzw. die Reparierbarkeit von Bauteilen, im speziellen von Baugruppen, nicht erst in der Instandhaltung, sondern bereits beim Entwurf von Maschinen und Anlagen.

Zum Zweiten muss bei der Frage, ob eine Reparatur durchgeführt wird, berücksichtigt werden, ob Komponenten, welche bei Drittfirmen zugekauft werden, überhaupt noch erhältlich sind. Lautet die Frage darauf „nein“, kann eine Reparatur oft unumgänglich sein, egal wie hoch die Aufwände dafür sind. Denn eine Konstruktion entsprechend zu ändern und neue Bauteile fertigen zu lassen, geht meistens nicht von heute auf morgen.

Und dieser Fall tritt häufiger auf, als man meinen möchte, vor allem dann, wenn Maschinen nicht nur zwei oder drei Jahre betrieben werden, sondern oftmals 10 Jahre und z.T. mehr.

Der Grund dafür liegt in der Produkt- und Sortimentspolitik der Unternehmen. Produkte werden eingeführt, es folgt ein Nachfragewachstum mit anschließender Sättigung auf dem Markt und dann die Degenerationsphase.

Durch Produktdiversifikation und Innovation versuchen Unternehmen, sich auf die sich ständig ändernden Anforderungen am Absatzmarkt einzustellen. Bei der Diversifikation steht dabei die Aufnahme neuer Produkte im Vordergrund. Bei der Produktinnovation wird versucht, bestehende Produkte weiterhin zu verbessern.

Früher oder später enden aber die meisten Produkte bei der Produkteliminierung, wobei die bisherigen Absatzleistungen entweder teilweise oder auch komplett aufgegeben werden. Oftmals beinhaltet dies auch die Reparatur der jeweiligen Komponenten<sup>48</sup>.

Dies stellt die Inha häufig vor die Aufgabe, Komponenten gezwungenermaßen zu reparieren.

---

<sup>48</sup> Vgl. Wegmann, Jürgen; Betriebswirtschaftslehre mittelständischer Unternehmen, Oldenbourg-Verlag München Wien, 2006, S256

## 7.1 Outsourcing oder Eigeninstandhaltung bzw. Make or Buy

Grundsätzlich muss bei der Frage, ob eine Reparatur durchgeführt wird, auch einmal betrachtet werden, ob es möglicherweise Sinn machen könnte, die Inha-Tätigkeiten in gewissem Ausmaß durch Drittfirmen durchführen zu lassen. Diese Möglichkeit hat sich in den letzten Jahren durch stark sinkende Dienstleistungspreise verändert. Doch abseits der Kostenfrage gilt es noch weitere Punkte zu berücksichtigen.

Werden einzelne Bauteile in der eigenen Werkstatt repariert, stellt sich die Frage nach dem „Make or Buy“, kaufen wir also einzelne Reparaturen doch besser zu, oder werden auch diese Aufgaben von unserer eigenen Werkstatt durchgeführt.

### 7.1.1 Outsourcing der Inha-Aufgaben

Insbesondere bei KMU ist die Frage, ob die Aufgaben der Instandhaltung durch Fremdfirmen durchgeführt werden können/sollen, von großer Bedeutung. In den letzten Jahren hat der Wettbewerbsdruck durch ein breiter gewordenenes Dienstleistungsangebot im Service- und Inha-Bereich deutlich zugenommen. Das hat dazu geführt, dass Instandhaltungsleistungen durch Drittfirmen deutlich günstiger geworden sind und am Markt eine breite Palette an Leistungen günstig erworben werden kann. Neben reinen Wartungs-, Inspektions- und Instandsetzungsaufgaben werden heute auch Leistungen wie Anlagenoptimierung, -Verbesserung und –Montage/-Demontage angeboten, ebenso wie Entsorgungsleistungen und Leistungen, wie etwa wichtige Prüfungen und Zulassungen.

Damit können viele Aufgaben der Inha nach außen vergeben werden. Das angestrebte Ziel, vor allem bei den KMU, ist eine deutliche Verringerung von Fixkosten in der Inha<sup>49</sup>.

Die Vorteile der Eigeninstandhaltung liegen vor allem im betriebseigenen Personal. Das Personal ist kurzfristig verfügbar und kennt die Maschinen und Anlagen. Zudem entfallen

---

<sup>49</sup> Vgl. Strunz, Matthias; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, Seite 2

Kosten für den An- und Abtransport des externen Instandhaltungspersonals und Materials. Eine Reparatur kann also definitiv schneller und flexibler durchgeführt werden.

Es muss allerdings berücksichtigt werden, ob das firmeninterne Personal über die entsprechende technologische Qualifikation verfügt, die nötigen personellen Kapazitäten vorhanden sind und auch die technologischen Bedingungen wie Werkstatt und Werkzeug entsprechend zur Verfügung stehen<sup>50</sup>. So bietet Fremdinstandhaltung vor allem für junge oder kleine Unternehmen eine ideale und kostengünstige Lösung.

Für das Outsourcing von Instandhaltungsaufgaben sprechen auch personalpolitische Gründe, wie der Wegfall personalpolitischer Risiken (Krankheit, Urlaub...) oder die zeitweise Deckung von einem Spitzenbedarf an Instandhaltungstechnikern.

Ebenso können wirtschaftliche Gründe dafür sprechen, wie kostengünstigere Ausführung der Tätigkeiten durch Dienstleistungsfirmen, geringere Kosten für den Ersatzteilbedarf bzw. Reduktion der eigenen Lagerkosten oder verringerte Kosten in der Produktion durch optimale Maschineneinstellung durch spezialisiertes, geschultes Fachpersonal einer Drittfirma. Denn viele Firmen bieten für ihre Maschinen speziell ausgebildetes Servicepersonal an<sup>51</sup>.

Positiv zu bewerten ist überdies auch, dass die Inanspruchnahme von Inha-Dienstleistungen, also z.B. Pauschalkosten, Festkosten, Stundenverrechnungen usw. ... als Betriebsausgabe steuerlich absetzbar sind.

Zudem werden Schäden, sowie deren Folgen, aufgrund mangelhafter Instandhaltungstätigkeit durch die Betriebshaftpflichtversicherung des Fremdleistungsanbieters abgedeckt<sup>52</sup>.

---

<sup>50</sup> Vgl. Matyas, Kurt; Instandhaltungslogistik, Qualität und Produktivität steigern, Carl Hanser Verlag München, 5. aktualisierte Auflage, 2013, S68

<sup>51</sup> Vgl. Matyas, Kurt; Instandhaltungslogistik, Qualität und Produktivität steigern, Carl Hanser Verlag München, 5. aktualisierte Auflage, 2013, S69

<sup>52</sup> Vgl. Strunz, Matthias; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, Seite 550



Bei der Frage nach der Fremdvergabe von Instandhaltungsaufgaben sind primär folgende Kriterien zu prüfen:

- Stehen die benötigten Sonderwerkzeuge und -Maschinen intern zur Verfügung
- Stehen die nötigen Kompetenzen und Wissen (Know-How) zur Verfügung
- Gibt es Unternehmen, welche die Tätigkeiten aufgrund ihrer Erfahrung ev. effizienter erfüllen können?
- Stehen intern die nötigen personellen Ressourcen zur Verfügung<sup>53</sup>?

Um am Markt konkurrenzfähig zu sein und zu bleiben, ist eine ehrliche Einschätzung dieser Faktoren wichtig. Konkurrierende Firmen, welche in diesen Punkten die Nase vorn haben, können vergleichbare Produkte zu günstigeren Konditionen und ev. auch noch mit besserer Qualität anbieten.

**Folgende Vorteile sprechen im Überblick also für eine Fremdinstandhaltung:**

- Spezielle Werkzeuge und fundiertes Wissen des Fremddienstleisters können genutzt werden
- Entlastung des eigenen Personals
- Deckung eines Spitzenbedarfs in der Inha
- Bei mangelhafter Arbeit besteht im Rahmen der Gewährleistung ein Nachbesserungsanspruch
- Fortbildungs- und Ausbildungskosten für das eigene Personal können eingespart werden
- Kostenflexibilität, das eigene Personal wird immer optimal ausgelastet, je nach Bedarf kann mehr Kapazität zugekauft oder abgebaut werden
- Diverse Kosten können als Betriebsausgabe steuerlich abgesetzt werden
- Günstigere Stundenlöhne von Drittfirmen können die Inha- Kosten senken<sup>54</sup>

---

<sup>53</sup> Vgl. Weißenbach, Andreas; Professionelles Instandhaltungsmanagement, Strategie – Organisation – Kooperation, Erich Schmidt Verlag Berlin, 2017, S147

<sup>54</sup> Vgl. Pawellek, Günther, Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, Vorgehensweisen, Methoden, Tools, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, S272

Doch das Outsourcing beinhaltet nicht nur Vorteile. Einer der Hauptnachteile ist die Abhängigkeit von den Kapazitäten und dem Know-How der Dienstleistungsfirma.

Zudem kann die Motivation der externen Mitarbeiter, deren Leistungsbereitschaft und Organisation nicht in der Weise beeinflusst werden, wie dies bei internen Mitarbeitern möglich ist.

Es entstehen womöglich auch noch zusätzliche Administrations- und Kontrollaufwände für deren Arbeit und Fremdfirmen sind in der Regel bei Weitem nicht so gut mit betriebs-spezifischen Vorgängen und Gegebenheiten vertraut, wie es das interne Instandhaltungspersonal ist<sup>55</sup>.

Einer der wichtigsten Punkte ist aber, dass durch Drittfirmen möglicherweise Betriebs-geheimnisse, sei es bewusst oder unbewusst, nach außen getragen werden. Speziell in Firmen, die Technologieführer sind und bei denen der Stellenwert der Geheimhaltung extrem hoch ist, könnte das Probleme mit sich bringen und möglicherweise wird die Fremdinstandhaltung damit schon durch die Unternehmensstrategie von vornherein ausgeschlossen.

Auch der Faktor „Zeit“ wiegt schwer. Selbst durchgeführte Reparaturen können wesentlich schneller und flexibler, ohne von anderen abhängig zu sein, durchgeführt werden. Das reduziert Maschinenstillstände, erhöht die Anlagenverfügbarkeit und damit auch den Teileausstoß.

**Die Eigeninstandhaltung bietet in Summe folgende Vorteile:**

- Eigenes Personal kann sofort eingreifen und die Anlagenstillstandzeiten reduzieren
- Keine Abhängigkeit von externen Kompetenzen und Kapazitäten
- Betriebsspezifische Erfahrung des eigenen Personals kann die Inha-Qualität durch bessere Kenntnisse interner Vorgänge und Prozesse verbessern
- Detaillierte Erfahrungen der Mechaniker können für Prozessoptimierungen genutzt werden

---

<sup>55</sup> Vgl. Weißenbach, Andreas; Professionelles Instandhaltungsmanagement, Strategie – Organisation – Kooperation, Erich Schmidt Verlag Berlin, 2017, S70

- Schutz von Betriebsgeheimnissen
- Eigenes Personal ist höher motiviert
- Stärkere Identifikation des eigenen Personals mit dem Unternehmen fördert die Bereitschaft, bei Bedarf kurzfristig Mehrarbeit zu leisten<sup>56</sup>

Es bieten also beide Varianten, Fremdinstandhaltung und Eigeninstandhaltung, diverse Vorteile und Nachteile, die es entsprechend abzuwiegen gilt.

### 7.1.2 Make or Buy für Ersatzteile

Wird die Instandhaltung vorwiegend durch internes Personal durchgeführt, muss im Falle von Reparaturen oft auch die Entscheidung „Make or Buy“ getroffen werden. Diese Entscheidung gilt also nicht nur bei der Neufertigung von Teilen, sondern gleichermaßen auch für Reparaturen.

Hier gilt es auf jeden Fall zu berücksichtigen, dass sich die Inha möglichst rasch an geänderte Produktionsbedingungen anpassen können muss, um sich weitgehend nach den Erfordernissen der Produktionsprozesse zu orientieren. Damit soll die benötigte oder die geforderte Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen abgesichert werden.

Weiters müssen Maßnahmen für nicht geplante Tätigkeiten berücksichtigt werden, welche sich negativ auf den Produktionsprozess auswirken können – Stichwort Anlagenausfall. Das Unternehmen benötigt hier einen schnellen, direkten und effizienten Zugriff auf ausreichende Instandhaltungsressourcen. Sind Mitarbeiter unternehmensintern verfügbar, kann das in entsprechendem Maße vorgesehen werden (Personal, Werkzeugmaschinen...).

Bei unternehmensexternen Firmen ist dagegen speziell für permanent verfügbare Mitarbeiter zu sorgen/vertraglich zu vereinbaren bzw. muss man sich dann auch wirklich darauf verlassen, dass die Drittfirma entsprechende „Ad-hoc-Kapazitäten“ bereit hält<sup>57</sup>.

---

<sup>56</sup> Vgl. Pawellek, Günther, Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, Vorgehensweisen, Methoden, Tools, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, S272

<sup>57</sup> Vgl. Strunz, Matthias; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, Seite 550

Eine Entscheidungsmatrix, welche die Entscheidung „Make or Buy“ grafisch darstellt, muss also idealerweise den Bedarf bzw. Dringlichkeit berücksichtigen, das Know-How und die Kosten für die Reparatur. Die Matrix stellt bildlich dar, für welche Teile es Sinn macht, die Fertigung an eine Drittfirma zu vergeben oder selbst zu fertigen.

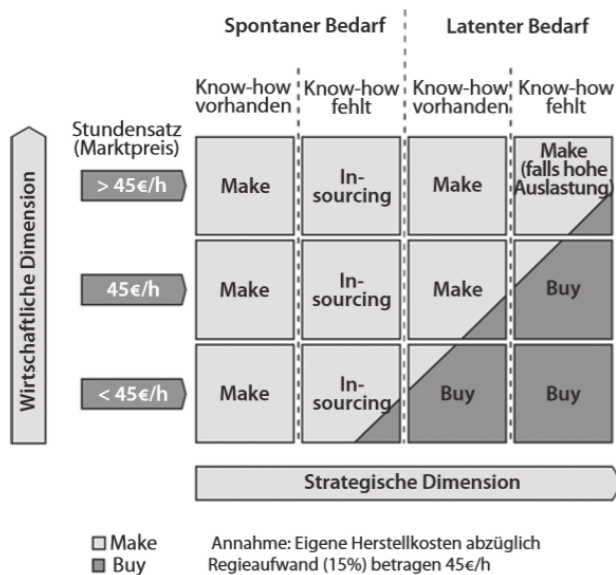


Abbildung 27: Make or Buy Matrix

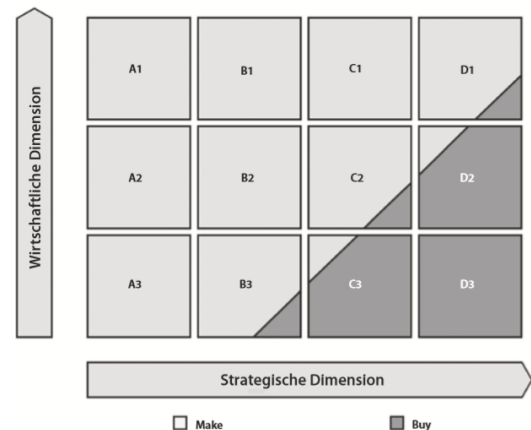


Abbildung 26: Make or Buy Feldeinteilung

Quelle: Leidinger; Wertorientierte Instandhaltung, S84/85

Bei „A1“ ist zur unmittelbaren Vermeidung von Stillständen die Eigenfertigung zu bevorzugen. Darüber hinaus ist sie in diesem Beispiel günstiger als die externe Fertigung. Bei Komponenten, die in „D3“ zugeordnet sind, ist keine Ausführung in der eigenen Werkstatt empfehlenswert. Die externen Stundensätze liegen unter den eigenen, zudem fehlt das Know-How.

Bei Komponenten in Kategorie C2 beispielsweise ist eine eigens durchgeführte Reparatur nicht zwingend nötig. Die Kosten liegen demnach auf gleichem Niveau, daher kann die

Reparatur intern erfolgen, muss aber nicht. Entscheidend sind die vorhandenen internen Kapazitäten<sup>58</sup>.

Somit sind als Richtlinie, ob wir Teile intern oder extern geben, folgende Fragen interessant:

- Wann müssen die Teile verfügbar sein?
  - ➔ Bei sofortiger Verfügbarkeit werden die Teile definitiv selbst gefertigt
- Ist genügend Kapazität vorhanden?
  - ➔ Wenn ja, werden Reparaturen möglichst intern durchgeführt
- Stehen die nötigen Maschinen zur Verfügung?
  - ➔ Eine Reparatur wird besonders dann extern durchgeführt, wenn die nötigen Maschinen und Vorrichtungen für Reparaturen, welche nur sporadisch durchzuführen sind, nicht vorhanden sind
- Ist das entsprechende Know-How vorhanden?
  - ➔ Komponenten werden extern repariert, wenn dazu spezielles Know-How nötig ist, welches wir uns zuerst mühsam aneignen müssten
- Wie hoch sind internen Kosten im Vergleich zu den externen Kosten?
  - ➔ Fremdinstandhaltung kann hier die Kosten senken

### 7.1.3 Übertragung der Argumente auf das Unternehmen

Wie in den obigen Abschnitten ausgeführt, hat sowohl Outsourcing also auch die intern durchgeführte Inha Vorteile, aber auch gewisse Nachteile.

Bei der Frage nach dem Outsourcing stellt sich prinzipiell die Frage, in welchem Ausmaß eine Fremdvergabe Sinn macht oder machen könnte. Es lässt sich nicht für jedes Unternehmen generell eine Aussage machen, die Frage ist für jeden Einzelfall individuell zu beantworten. Es scheint aber auf der Hand zu liegen, dass eine 100%ige Vergabe an

---

<sup>58</sup> Vgl. Leidinger, Bernhard; Wertorientierte Instandhaltung, Kosten senken, Verfügbarkeit erhalten, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2. Auflage, 2014, S84ff

Drittfirmen zu Lasten der Flexibilität geht und damit die geforderte Verfügbarkeit von Anlagen gefährdet wird. Der sofort verfügbare Einsatz eigener Mitarbeiter spricht klar für ein großes Maß an interner, durch eigenes Personal durchgeführter Instandhaltung.

Als absolutes K.O.-Kriterium könnte sich letztlich die mögliche Weitergabe von Betriebsgeheimnissen auswirken. Speziell Firmen, die technologisch anspruchsvolle Produkte anbieten und so ihren Wettbewerbsvorteil bewahren, werden sich davor hüten, firmenfremden Personen, ganz speziell Technikern, großflächigen Zugang zu Produktionsanlagen zu gewähren.

Es ist also maximal ein vernünftiges Nebeneinander von interner Instandhaltung und der zugekauften Dienstleistung durch Fremdfirmen zu bevorzugen, wobei das Ausmaß und die vertragliche Ausgestaltung einer solchen Zusammenarbeit genau geprüft werden müssen<sup>59</sup>. Es kann von Wartungsverträgen für komplette Maschinen, über spezielle Leistungen und Tätigkeiten bis hin zu nur sporadisch benötigter Unterstützung reichen.

In letzterem Fall wäre eine „Make or Buy“-Entscheidung, wie bei der Fertigung von Einzelteilen, als Entscheidungskriterium heranzuziehen.

Es kann also zusammenfassend festgehalten werden, dass eine rein externe Instandhaltung, trotz möglicher finanzieller Vorteile, keine sehr gesunde Variante für das Unternehmen darstellt.

Ein vernünftiger Mix aus externen Kompetenzen und interner Erfahrung sind unerlässlich für eine erfolgreiche Instandhaltung.

---

<sup>59</sup> Vgl. Matyas, Kurt; Instandhaltungslogistik, Qualität und Produktivität steigern, Carl Hanser Verlag München, 5. aktualisierte Auflage, 2013, S67

## 7.2 Betrachtung möglicher Varianten für eine Bauteil- und Komponenten-Reparatur

Hier sollte vielleicht zuerst einmal geklärt werden, unter welchen Umständen Bauteile nicht repariert werden sollten.

In diesem Zusammenhang werden häufig die Begriffe „wirtschaftlicher Totalschaden“ und „technischer Totalschaden“ verwendet, welche vor allem aus dem KFZ-Bereich bekannt sind.

Von einem technischen Totalschaden spricht man, wenn sich eine Sache aufgrund der Beschädigung schlicht und einfach nicht mehr reparieren lässt. Wie man im Volksmund so schön sagt: „Woher nehmen, wenn nicht stehlen“ → hier kann einfach nichts mehr gemacht werden.

Ein wirtschaftlicher Totalschaden bzw. eine Reparaturunwürdigkeit liegen vor, wenn die Kosten für eine Reparatur über den Kosten der Wiederbeschaffung einer gleichwertigen Sache liegen bzw. über dem Restwert einer Sache<sup>60</sup>.

Dabei muss der Schaden, z.B. am KFZ, aber deutlich höher sein, als der Restwert der Sache. Nach einem Urteil des BGH vom 2. Juni 2015 darf der Schaden max. 30% über dem Restwert liegen, also insgesamt 130% des voraussichtlichen Restwertes, um nicht als wirtschaftlicher Totalschaden zu gelten<sup>61</sup>.

Demnach wäre eine Reparatur unvernünftig, wenn der Reparaturwert mehr als 30% über dem Restwert (Wiederbeschaffungswert einer gleichwertigen Sache) liegt.

In der Literatur finden sich keine Informationen, die sich auf den Schaden an Bauteilen oder Maschinen und Geräten beziehen bzw. die eine andere Vorgehensweise vorschlagen.

Was bei dieser Definition eines Totalschadens aber nicht berücksichtigt wird ist, dass es für den Betroffenen oft besser sein kann, die Reparatur durchführen zu lassen, als etwas

---

<sup>60</sup> Vgl. Von Fürstenwerth, Jörg; Weiß, Alfons; Versicherungsalphabet, Begriffserläuterungen der Versicherung aus Theorie und Praxis, Verlag Versicherungswirtschaft, Karlsruhe, 2001, 10. Auflage, S528

<sup>61</sup> Vgl. Bundesgerichtshof, Az. VI ZR 387/14, Urteil vom 02.Juni 2015,

Neues zu kaufen. Denn reparierte Güter können ihre Funktion trotzdem noch eine lange Zeit weiterhin erfüllen. So werden wiederum Kosten durch eine Neuanschaffung gespart und auch dem ökologischen Aspekt Rechnung getragen.

Der ökologische Aspekt ist ebenfalls zu beachten. Der Ressourcenverbrauch für die Erstellung von Ersatzteilen und deren Transport ist deutlich geringer als der Ressourcenverbrauch und Energiebedarf, der bei der Produktion des Neugerätes samt Entsorgung des Altgerätes benötigt wird<sup>62</sup>.

Es sollte für industriell genutzte Maschinen und Geräte also immer betrachtet werden, welche Nutzungsdauerverlängerung erreicht werden kann, statt gleich von einem „wirtschaftlichen Totalschaden“ zu sprechen.

Somit führt nur ein technischer Totalschaden definitiv zu einer Reparaturunwürdigkeit. Alles anderen Schäden sollten genau geprüft und im Einzelfall entschieden werden.

Da in der Literatur keine weiteren Anhaltspunkte für mögliche Richtlinien und Varianten zu finden sind, wann eine Reparatur durchzuführen ist, sollen die derzeit durchgeführten Reparatur-Vorgaben betrachtet und bewertet werden.

Als untere Grenze im Industriebereich sollte dabei aber jedenfalls immer angesetzt werden, dass eine Reparatur definitiv keinen Sinn macht, wenn die internen Verwaltungskosten bereits über den Kosten einer Neuanschaffung liegen.

### **7.2.1 Variante Mindestreparaturwert**

Hintergedanke hierbei ist, dass die Neubeschaffung eines Ersatzteiles deutlich günstiger abgewickelt werden kann als die Bearbeitung einer Reparatur mit Reparaturauftrag, Lieferschein, Transport usw....

Es besteht die große Schwierigkeit zweifellos darin, die anfallenden internen Verwaltungskosten für eine Reparaturanforderung zu erfassen, gewisse Unsicherheiten bleiben

---

<sup>62</sup> Vgl. <http://www.elektro-ade.at/elektrogeraete-reparieren/>, abgerufen am 30.04.2018



hier nämlich immer übrig. Zudem arbeiten unterschiedlichen Personen unterschiedlich schnell, es kann also nur ein grober Pauschalwert herangezogen werden.

Weiters muss bekannt sein, was eine neue Komponente kostet. Für Katalogware ist das meistens kein großes Problem, bei speziell gefertigten Teilen, die zugekauft werden müssen, ist ein Kostenvoranschlag oder Angebot nötig.

Selbst gefertigte Teile stellen hier auch einen Unsicherheitsfaktor dar, denn die intern kalkulierten Preise sind nur Richtpreise und haben natürlich nicht jene bindende Wirkung, wie Angebote von Drittfirmen.

Selbstverständlich kann der Reparaturwert auch nur geschätzt werden, oder wenn gewisse Reparaturen öfter vorkommen, z.B. aufgrund der vielfachen Verwendung und somit einer öfter vorkommenden Reparatur, sind die Kosten ohnehin schon in etwa bekannt.

Diese Variante macht insoweit Sinn, dass es eine sehr einfache Vorgabe ist, egal für welchen Bereich. Wird die Reparatur auf einen Wert unter XX Euro geschätzt, wird einfach eine neue Bestellung ausgelöst statt repariert.

Nachteilig ist allerdings, dass viele Bauteile und Komponenten durchaus reparierbar wären, aber vor allem der monetäre Nutzen nicht gegeben ist. Der ökologische Nutzen wird also unter den Tisch gekehrt. Unter einer ökologischen Betrachtung werden zwar nicht die betriebswirtschaftlichen Ressourcen geschont, sehr wohl aber die natürlichen.

VT:

- Sehr einfach anzuwendendes Kriterium
- Für interne und externe Reparaturen gleichermaßen geeignet

NT:

- Keine Berücksichtigung des ökologischen Aspektes  
Natürliche Ressourcen werden verschwendet, sofern theoretisch eine Reparierbarkeit möglich wäre, aber die Kosten nicht dafürsprechen
- Keine Berücksichtigung der Nutzungsdauerverlängerung nach der Reparatur
- Reparaturkosten müssen bekannt sein
- Interne Verwaltungskosten müssen bekannt sein (Reparatur-Grenzwert)

## 7.2.2 Variante „Ersparnis“

Einen aktuell besseren Ansatz findet man im Werk 3 in der zerspanenden Fertigung. Hier werden die voraussichtlichen Reparaturkosten mit den Kosten einer Neuanschaffung gegengerechnet. Bei der Rechnung Neuwert – Reparaturkosten muss mindestens eine Differenz 50 Euro Ersparnis erreicht werden.

Diese Variante wäre sowohl für interne gefertigte Komponenten, aber auch für zugekaufte Reparaturen möglich. Der Ersparnis-Betrag kann auf beide Fälle übertragen werden.

Es muss bei dieser Variante berücksichtigt werden, dass bei einer internen Nacharbeit, einer Reparatur oder einem Nachschärfen einmal etwas daneben geht. Ebenso ist das interne „Angebot“ durch die Fertigungsvorbereitung nur ein Richtangebot und nichts in Stein gemeißeltes.

Es macht also aus betriebswirtschaftlicher Sicht wenig Sinn, nur wegen 3 oder 4 Euro Ersparnis eine Reparatur durchzuführen. Zudem werden dafür auch Kapazitäten auf teuren Fertigungsmaschinen belegt, die anderweitig genutzt werden könnten. Wie hoch eine mögliche Ersparnis angesetzt werden soll, ist allerdings im Detail fraglich. In der Literatur finden sich dafür keine genauen Angaben, eine Bewertung bzw. Kriterien dafür zu finden fällt schwer.

Weiters wäre zu erwähnen, dass bei einer 5.000 Euro-Maschine wegen 50 Euro Ersparnis wohl keine Reparatur durchgeführt wird. Hier macht eine Neubestellung mehr Sinn. Eine Staffelung der nötigen Ersparnis im Vergleich zum Wiederbeschaffungswert wäre wohl unumgänglich. Hier liegt die Herausforderung darin, eine vernünftige Staffelung mit der erforderlichen Ersparnis zu generieren.

Über einem gewissen Wiederbeschaffungswert ist eine Ersparnis in „Prozent“ vermutlich zielführender, als einen Wert vorzugeben.

VT:

- Es muss eine Ersparnis, zumindest auf dem Papier, gegeben sein
- Für interne und externe Reparatur gleichermaßen geeignet
- Schonender Umgang mit den betriebswirtschaftlichen Ressourcen, die Reparatur wird nur durchgeführt, wenn ein monetärer Nutzen gegeben ist.
- Sowohl für interne als auch externe Reparaturen möglich

NT:

- Interne Angebotslegung beinhaltet Unsicherheiten, es müssten alle Verwaltungskosten mitberücksichtigt werden, sowie die Fertigungskosten
- Aufwände für Angebotslegung und Überprüfung
- Vorgabe für die Mindest-Ersparnis kann nur grob abgeschätzt werden
- Auch hier keine Berücksichtigung ökologischer Aspekte

### **7.2.3 Variante prozentualer Reparaturwert im Verhältnis zum Neuanschaffungswert**

Bei dieser Variante müssen die Kosten sowohl für interne Reparaturen als auch für die externe bekannt sein. Zudem werden die Neuanschaffungskosten in beiden Fällen möglichst exakt benötigt.

Liegt der Angebotswert nun unter XX% des Neuanschaffungswertes, wird die Reparatur generell ohne Bedenken freigegeben, sprich durchgewinkt und bestellt. Externe Reparaturen können so auch unkompliziert auch ohne nochmalige Rücksprache durchgeführt werden.

Erst ab XX% Reparaturkosten im Verhältnis zum Neuwert wird hinterfragt, ob die Reparatur durchgeführt werden soll oder nicht. Dementsprechend muss auch eine Partnerfirma keine Rückmeldung geben, wenn der Wert unter XX% liegt und die Reparatur kann anstandslos durchgeführt werden.

Im Bereich von unternehmensfremden Reparaturen gilt derzeit bereits die 50% Marke als Reparaturkriterium, d.h. alles, was über 50% Reparaturkosten, gemessen am Neuwert, liegt, wird nicht mehr automatisch zur Reparatur freigegeben. Für diese Komponenten muss eine zusätzliche, ausdrückliche Freigabe eingeholt werden.

Ob 50% die richtige Marke ist, bleibt vorerst dahingestellt. Tatsache ist, dass für eine solche Reparaturvorgehensweise ein Grenzwert angegeben werden muss. Auch hier hält sich die Literatur sehr bedeckt und so gibt es keine Vorschläge, wo diese Grenzen anzusiedeln sind. Die Schwierigkeit liegt also darin festzulegen, bis zu welchem Wert eine Reparatur Sinn macht und ab wann nicht mehr. Eine genaue Prozentzahl kann nur schwer festgelegt werden.

Soll eine Grenze definiert werden, wäre ein sinnvoller Vorschlag, drei Grenzwerte einzuführen. Es müsste ein unterer Grenzwert ermittelt oder definiert werden, unter welchem eine Reparatur keinesfalls durchgeführt wird. Dann ein mittlerer Grenzwert, bis zu welchem eine Reparatur problemlos freigegeben und durchgeführt werden kann. Weiters ist ein oberer Grenzwert zu definieren, über welchem eine Reparatur entweder gar nicht oder nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen in Auftrag gegeben wird.

Der große Vorteil in dieser Variante besteht darin, dass die Anschaffungskosten der Maschine stark miteinbezogen werden. Teure Maschinen und Anlagen benötigen meistens auch teure Ersatzteile. Dieser Umstand wird hier voll berücksichtigt, denn bei hohem Neuanschaffungswert ist auch der Reparaturwert entsprechend hoch angesiedelt.

Negativ könnte sich auswirken, wenn die Marke als absolutes Reparaturkriterium angesehen wird, d.h., dass alles über einer gewissen %-Marke automatisch nicht repariert wird. Denn auch auf diese Weise könnte viel Geld im Schrott landen, oftmals sind auch Reparaturen sinnvoll, die etwas teurer sind - je nachdem, wie lange die Komponente nach der Reparatur voraussichtlich halten wird.

VT:

- Verhältnismäßig günstige Reparaturen können einfach durchgewunken werden
- Restlaufzeiten werden bei Reparaturen, welche im mittleren Grenzwertbereich liegen, mitberücksichtigt oder zumindest hinterfragt
- Orientierung an Maschinenanschaffungs- bzw. Wiederbeschaffungskosten

NT:

- Die Reparatur wird bei günstigen Reparaturen nicht bewusst hinterfragt
- Keine Berücksichtigung der Nutzungsdauerverlängerung nach der Reparatur bei günstigeren Reparaturen.
- Preise für Wiederbeschaffung und Reparatur müssen bekannt sein → Verwaltungsaufwand steigt
- Genaue „%“ Grenze, bis zu welchem Wert eine Reparatur Sinn macht, ist schwer definierbar.
- Es wird nur dann technische Unterstützung hinzugezogen, wenn der Reparaturwert von XX% überschritten wird
- Aufwände für Angebotslegung und Überprüfung müssten einbezogen werden. Diese Aufwände werden aber je nach Situation schwanken und sind schwer erfassbar

### **7.2.4 Reparaturkosten in Abhängigkeit der Nutzungsdauerverlängerung**

Eine weitere Variante bzw. Vorschlag wäre, die Restlaufzeit sehr stark miteinzubinden bzw. die Reparaturkosten daran aufzuhängen. Beträgt die Standzeit des Bauteils nach der Reparatur beispielsweise nur 75% des Neuteils, so sollten bzw. dürfen die Reparaturkosten auch nur 75% des Neuanschaffungswertes betragen. Die große Herausforderung besteht also darin, die mögliche Lebensdauer nach der Reparatur möglichst exakt zu bestimmen. Das ist vielfach nur sehr schwer möglich oder nur durch sehr viel Erfahrung.

Es besteht also somit hier schon die Gefahr, dass auf diese Weise viele Teile auf dem Schrott landen, weil die Nutzungsdauer falsch eingeschätzt wurde.

Diese Variante zeichnet sich vor allem durch den Umstand aus, dass die Nutzungsdauerverlängerung das ausschlaggebende Kriterium ist. Eine lange Nutzungsdauerverlängerung lässt auch hohe Reparaturwerte zu.

VT:

- Sehr einfache Handhabung
- Nutzungsdauerverlängerung wird nicht nur mitberücksichtigt, sondern ist sogar ausschlaggebend. Ein sehr faires Verfahren so gesehen.

NT

- Richtige Einschätzung der Nutzungsdauerverlängerung nicht immer so einfach
- Definition des Grenzwertes, über welchem eine Reparatur nicht mehr sinnvoll ist

## 7.2.5 Würdigung und Gegenüberstellung der Varianten

Jede der genannten Varianten hat ihre Vorzüge, aber auch ihre Nachteile. Stellt man die Varianten einander gegenüber, ergibt sich folgendes Bild:

Variante	Mindestreparaturwert	Ersparnis	50% Regel	Nutzungsdauerverlängerung
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sehr einfache Anwendung</li> <li>Für interne und externe Rep. geeignet</li> <li>Auch interne Verwaltungskosten sind berücksichtigt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rechnerische Ersparnis gegeben</li> <li>Auch interne Verwaltungskosten sind berücksichtigt</li> <li>Gezielter Einsatz betriebswirtschaftlicher Ressourcen</li> <li>Ersparnis kann in „%“ oder Wert ausgedrückt werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Günstige Reparaturen werden ohne viel Aufwand durchgeführt</li> <li>Kein steifer Rep.- Wert Orientierung am Wiederbeschaffungswert</li> <li>In Zweifelsfällen wird die Nutzungsdauerverlängerung bei der Entscheidung miteinbezogen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzungsdauerverlängerung gibt maximalen Rep.- Wert vor</li> <li>Insofern sehr faires Verfahren</li> </ul>
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine Berücksichtigung ökologischer Aspekte</li> <li>Keine Berücksichtigung der Nutzungsdauerverlängerung</li> <li>Reparaturkosten müssen bekannt sein</li> <li>Interne Verwaltungskosten müssen bekannt sein</li> <li>Keine Berücksichtigung der Nutzungsdauerverlängerung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine Berücksichtigung ökologischer Aspekte</li> <li>Festlegung Vorgabe Ersparniswert</li> <li>Staffelung nach Wiederbeschaffungswert nötig</li> <li>Keine Berücksichtigung der Nutzungsdauerverlängerung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine Berücksichtigung ökologischer Aspekte</li> <li>Reparaturwürdigkeit wird nur bei teuren Reparaturen hinterfragt</li> <li>Bei teuren Maschinen höherer Wert sinnvoll</li> <li>Definition des Grenzwertes</li> <li>Nutzungsdauerverlängerung nur bedingt berücksichtigt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine Berücksichtigung ökologischer Aspekte</li> <li>Nutzungsdauerverlängerung meist nicht bekannt, nur grobe Schätzung</li> <li>Reparaturkosten müssen ermittelt und ins Verhältnis der Nutzungsdauerverl. gesetzt werden → zwei Unsicherheitsfaktoren</li> <li>Bei falscher Einschätzung landen viele Teile im Schrott</li> </ul>

Tabelle 3: Reparaturvarianten

Bis auf das Verfahren „Nutzungsdauerverlängerung“ werden sämtliche Verfahren bei den einzelnen Reparaturprozessen angewendet.

Keines der Verfahren berücksichtigt dabei ökologische Aspekte bzw. werden diese nicht vorgegeben. Viele Komponenten, wenn nicht nahezu alle, wären reparierbar, jedoch spricht der betriebswirtschaftliche Gedanke dagegen. Sobald eine Neuanschaffung günstiger ist, wird eine Bestellung getätigt.

Eine faire Variante glänzt durch ein ausgewogenes Preis-Leistungsverhältnis, also der Relation von finanzieller Aufwendung und der Gegenleistung, die man dafür erhält<sup>63</sup>. Das wäre bei der Variante „Nutzungsdauerverlängerung“ sicher der Fall, zumindest im theoretischen Idealfall. Bei den anderen Varianten ist diese Fairness eher offen, da nicht berücksichtigt wird, wie lange sich eine Komponente nach der Reparatur im Einsatz be-

<sup>63</sup> Vgl. <http://www.mein-wirtschaftslexikon.de/p/preis-leistungsverhaeltnis.php>; abgerufen am 20.05.2018

findet. Eine Reparatur, die 45% des Wiederbeschaffungswertes kostet und nach 5 Monaten statt zwei Jahren vom Einsatz zurückkommt, weil ein weiterer Defekt sie wieder außer Gefecht setzt, ist unrentabel.

Diese Variante wäre aber ein ideales Kriterium für den Maximalwert, den eine Reparatur kosten darf. Denn für den Betrieb ist es logischerweise erstrebenswert, eine Ersparnis zu erreichen, die so hoch wie möglich ausfällt, aber nicht mehr kostet als sie nutzt.

Damit eine Reparatur einen betriebswirtschaftlichen Nutzen erfüllt, muss eine Ersparnis gegeben sein, d.h. die Variante „Ersparnis“ wäre dafür anzusetzen, ob eine Reparatur durchgeführt wird oder nicht. Lediglich von einem Mindestreparaturwert auszugehen, wäre zwar auch eine Möglichkeit, hier ist aber nicht sicher, ob eine Ersparnis gegeben ist.

## **8 Entwicklung eines Phasenmodells zur Einführung**

Wie aus den obigen Abschnitten ersichtlich wird, lässt sich nur grob vermuten, welcher der Entscheidungsprozesse am Ende der effizienteste ist.

Größtenteils ist das auf fehlendes Zahlenmaterial zurückzuführen, welches aufgearbeitet werden könnte. Doch gleichzeitig ist auch ohne Zahlen erkennbar, dass bei den bestehenden Kriterien und Prozessen ein Optimierungspotential vorhanden ist.

Im Folgenden soll nun das bestmögliche Entscheidungskriterium definiert, sowie mögliche Optimierungen am Entscheidungsprozess untersucht werden. Ebenso sollen die derzeit zur Entscheidung befugten Stellen hinterfragt werden.

### **8.1 Festlegung eines geeigneten Entscheidungskriteriums**

Ein geeignetes Entscheidungskriterium für oder gegen eine Reparatur verbindet den betriebswirtschaftlichen Nutzen, Geld zu sparen mit der Einfachheit, eine Entscheidung zu fällen.

Aktuell sind vier große Prozesswege betreffend die Reparatur vorhanden. Jeder Weg der Reparatur hat dabei seine eigenen Beurteilungskriterien.

Nochmals zusammengefasst sind das

- Produktionswerkstatt: Beurteilung der Einfachheit und Durchführbarkeit direkt in der Werkstatt durch den Mechaniker oder bei komplizierteren Fällen Durchführung einer Reparatur/Nacharbeit über das Werk 3
- Zerspanung Werk 3: Ersparnis eines gewissen Betrages nötig, Bauteilmindestwiederbeschaffungswert 100 Euro
- Baugruppenreparatur: Reparierte Komponente muss „neuwertigen“ Zustand haben, Reparaturwürdigkeitsbeurteilung obliegt dem durchführenden Mechaniker, keine genauen Grenzwerte festgelegt



- Reparatur extern: Mindestwiederbeschaffungswert zwischen 300 und 400 Euro, Reparatur unter 50% Neuanschaffungswert = Reparatur ja, darüber wird die Reparatur nochmals hinterfragt und geprüft

Die große Frage ist, ab wann macht eine Reparatur Sinn und wo liegt der Grenzwert, bei dem eine Neuanschaffung der Komponente, sei es Bauteil oder Baugruppe, mehr Sinn macht.

Außer Frage stehen hier Komponenten, welche am Markt nicht mehr erhältlich und für den Betrieb der Anlagen essenziell sind. Diese Komponenten müssen gezwungenermaßen nach allen Möglichkeiten repariert werden, um eine Ersatzteilbewirtschaftung so lange zu ermöglichen, bis alle nicht mehr erhältlichen Komponenten in den Maschinen ausgetauscht werden können.

Bei der Bewertung der aktuellen Methoden konnten Kritikpunkte an jeder Variante gefunden werden, eine Entscheidung ohne Kompromisse ist also vermutlich nicht möglich.

## 8.2 Definition und Bewertung von Reparaturkriterien

Um eine Auswahl treffen zu können, welche Entscheidungsvariante verwendet werden sollte, sind gewisse Kriterien nötig, welche bewertet werden müssen. Folgende Kriterien sollten hierbei in Betracht gezogen werden:

**Für teure und günstige Reparaturen geeignet:** bei teuren Reparaturen sind die anfallenden Kosten für Reparaturen meist höher als bei günstigen Komponenten, was bei der Beurteilung der Reparaturwürdigkeit miteinfließen sollte. Zudem macht es bei teuren Reparaturen keinen Sinn, nur wegen ein paar Euro Ersparnis eine Reparatur durchzuführen. Die Rep.- Kosten sollten in einem vernünftigen Verhältnis zum Bauteilwert stehen bzw. orientierten sie sich am Komponentenwert.

**Berücksichtigt Lebensdauererweiterung:** die Kosten, welche bei der Reparatur anfallen dürfen, stehen im Verhältnis zur gewonnen Lebensdauer. Eine hohe Lebensdauererweiterung lässt höhere Reparaturkosten zu. Wird die Lebensdauer beispielsweise um geschätzte 50% verlängert, dürfen die Reparaturkosten max. etwa 50% des Komponentenwertes erreichen. Damit stehen die anfallenden Rep.- Kosten im Verhältnis zur Lebensdauererweiterung.

**Einfache Handhabung:** Eine Beurteilung der Reparaturwürdigkeit soll schnell und unkompliziert durchgeführt werden können.

**Einfache Datenermittlung:** Die zur Beurteilung der Reparaturwürdigkeit benötigten Daten stehen schnell und unkompliziert zur Verfügung.

**Für interne und externe Reparaturen geeignet:** Das Verfahren eignet sich sowohl zur Beurteilung der Reparaturwürdigkeit in der eigenen Werkstatt als auch außer Haus bei Drittfirmen.

**Intern anfallende Kosten werden berücksichtigt:** Die intern anfallenden Kosten sind bereits Inhalt des Entscheidungskriteriums, nicht (nur) der Komponentenwert ist entscheidend.

**Ersparnis / Rep.- Erfolg einfach nachvollziehbar:** Ob Geld eingespart wird, kann theoretisch einfach nachvollzogen werden. Praktisch kann sich das schwieriger gestalten, da der Aufwand recht groß sein kann, beispielsweise die Einsatzzeit der Komponente nach der Reparatur zu überprüfen.

Eine Bewertung soll mit einem, zwei oder drei Punkten erfolgen. Jene Variante, welche die meiste Punktezahl erhält, soll bevorzugt verwendet werden.

- 1 Punkt = trifft nicht zu
- 2 Punkte = trifft nicht immer oder nur unter gewissen Umständen zu
- 3 Punkte = trifft zu

Auf der folgenden Seite sollen die Werte für die jeweiligen Kriterien tabellarisch dargestellt werden.

	50%- Variante	Lebensdauerverl.	Mindestwert	Ersparnis
Für teure und günstige Komponenten geeignet	2	3	1	3
Berücksichtigt Lebensdauerverl.	2	3	1	1
Einfache Handhabung	2	1	3	2
Einfache Datenermittlung	2	1	3	2
Für interne und externe Rep. geeignet	3	2	3	3
Intern anfallende Kosten werden berücksichtigt	1	1	3	3
Ersparnis/ Rep.- Erfolg einfach nachvollziehbar	1	2	1	3
<b>Summe</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>

Tabelle 4: Bewertung der Entscheidungskriterien

Es macht also demnach jene Variante am meisten Sinn, welche eine rechnerische Ersparnis als Reparaturkriterium voraussetzt.

Es sollte vernünftigerweise eine Ersparnis in Abhängigkeit des Wiederbeschaffungswertes gegeben sein, entweder als gestaffelter Richtwert oder als Prozentwert. Es macht nämlich keinen Sinn, nur wegen ein paar Euro Ersparnis bei teuren Komponenten eine Reparatur durchzuführen. In diesem Fall ist eine Neubestellung sinnvoller.

Ein Staffelpunkt bietet eine einfache Anwendung, denkbar wäre möglicherweise:

Wiederbeschaffungswert      erforderliche Ersparnis

Bis 500 Euro                      50 Euro

Bis 1000 Euro                    100 Euro

Bis 2000 Euro                    150 Euro

Bis 3000 Euro                    250 Euro

usw....

Wenn man sich obige Auflistung anschaut, welche auf die Schnelle erstellt wurde, liegen die Werte nahe bei 10% des Wiederbeschaffungswertes. Möglicherweise ist auch dies der richtige Weg, Mindestersparnis = 10% des Wiederbeschaffungswertes, wobei diese Regelung schon wieder mit etwas mehr Rechenaufwand verbunden ist.

Es muss also bekannt sein, was der Wiederbeschaffungswert einer Komponente ist und davon ausgehend muss abgeleitet werden, wie hoch der Reparaturwert sein darf bzw. mindestens sein muss.

Es macht dahingehend wohl am meisten Sinn, die Reparaturwürdigkeit in 1.000er Schritten zu staffeln, wobei die Einsparung jeweils 10% des Wiederbeschaffungswertes betragen sollte.

**Also wäre eine optimale Regelung für den unteren Reparaturwert wie folgt:**

Wiederbeschaffungswert	Ersparnis
Bis 500 Euro	50 Euro
Bis 1000 Euro	100 Euro
Bis 2000 Euro	200 Euro
Bis 3000 Euro	300 Euro
...	
Bis 7000 Euro	700 Euro

Es wird ersichtlich, dass, je höher der Wiederbeschaffungswert ist, auch die Ersparnis höher sein muss. Das ist insofern stimmig, als dass bei großem Warenwert und kleinen Ersparnisbeträgen eine Neubeschaffung mehr Sinn macht, denn gerade bei zugekauften Komponenten ist der Garantie- oder Gewährleistungsanspruch problemlos für die gesamte Komponente, nicht nur für die Reparatur, gegeben.

Damit wäre eine untere Grenze definiert, was mindestens gegeben sein muss, damit eine Reparatur durchgeführt wird. Bleibt noch zu definieren, wo die obere Grenze liegt, denn wenn eine Reparatur nahe dem Wert zum Neubeschaffungswert liegt, ist eine Neubestellung mit Garantie und Gewährleistung auf die Komponente die klügere Alternative.

Diesen Wert zu definieren, ist wieder nicht ganz so einfach. Am meisten Sinn würde die Betrachtung der max. Reparaturkosten unter Berücksichtigung der Nutzungsdauerver-

längerung machen. Doch hier besteht die große Schwierigkeit darin, die Nutzungsdauerverlängerung vorherzusagen oder abzuschätzen. Zudem ist diese Variante wieder relativ aufwendig, weil der voraussichtliche Reparaturwert in Verhältnis zur voraussichtlichen Lebensdauer gesetzt werden muss.

Wesentlich einfacher ist auch hier wieder ein festgelegter Wert. Im Sinne einer einfachen Handhabung wäre wieder eine Staffelung zu bevorzugen, bei welcher eine gewisse Summe nicht überschritten werden darf.

Beispielsweise wäre möglich:

Wiederbeschaffungswert	Max. Reparaturwert
Bis 500 Euro	400 Euro
Bis 1000 Euro	800 Euro
Bis 2000 Euro	1600 Euro
Bis 3000 Euro	2400 Euro
...	
Bis 7000 Euro	5600 Euro

Hier würde davon ausgegangen, dass max. 80% Wiederbeschaffungswertes für eine Reparatur anfallen dürfen. Die Gefahr ist allerdings, dass gerade bei Reparaturen im oberen Bereich das sehr große Risiko besteht, dass sich die Reparatur nicht lohnt. Denn es muss immer damit gerechnet werden, dass die Komponenten nicht jene Nutzungsdauer aufweisen, welche eine neue Komponente hat, zudem kann eine Reparatur auch einmal nicht erfolgreich sein, d.h. der geschätzte Aufwand ist doch höher, es wurde ein Bearbeitungsfehler gemacht usw....

Die Grenzen wären damit also definiert, mindestens 10 % Ersparnis vom Bauteilpreis müssen gegeben sein, die Reparatur darf aber nicht über 80% des Neuwertes liegen, bis auf Ausnahmen, wie etwa nicht mehr erhältliche, aber dringend erforderliche Bauteile. In diesen Grenzwerten müssen selbstverständlich bereits sämtliche Kosten, also auch die Verwaltungskosten, mitberücksichtigt sein.

Nichts desto trotz sollte aber auch immer, speziell bei teureren Reparaturen, in die Entscheidung mit einfließen, ob die voraussichtliche Komponentenlebensdauer die Kosten für eine Reparatur rechtfertigt. Daher sollte die von der externen Reparatur bekannte

Prozent- Grenze künftig auch für interne Reparaturen gelten, damit günstige Reparaturen einfach erledigt werden können, aber teure Reparaturen nahe der Obergrenze trotzdem bewusst freigegeben werden müssen. Da Reparaturen auch immer ein gewisses Risiko auf Nichterfolg beinhalten, sollte bei teuren Reparaturen genau überlegt werden, ob die Reparatur durchgeführt wird.

Anhand der Daten in der Bauteilreparatur ist erkennbar, dass mit Material + Arbeitsstunden oft recht schnell 50% des Neuwertes für eine Reparatur erreicht werden. Es ist daher zweckmäßig, den Wert für die Überprüfung einer Reparatur ein wenig anzuheben.

So sollten Reparaturen künftig, als Vorschlag, statt bisher unter 50% nun unter 60% des Neupreiswertes unkompliziert durchgeführt werden dürfen und was darüber liegt, sollte nochmals geprüft werden. Als Kriterien für die Reparaturwürdigkeit sollten gelten:

- Wie groß ist die Gefahr einer nicht erfolgreichen Reparatur
- Wie groß ist die Nutzungsdauerverlängerung, sind die Kosten im Verhältnis dazu gerechtfertigt

Diese Regelung ist also ein Kompromiss, sie ermöglicht günstige Reparaturen recht unkompliziert und erfordert bei teuren Reparaturen aber einen genauen Check. Zudem müssten die Kosten für Reparatur und Neubeschaffung ermittelt werden.

Wie ein möglicher künftiger Entscheidungsweg für oder gegen eine Reparatur ausschauen könnte, ist in Anlage 4 als Ablaufschema dargestellt.

### **8.3 Berücksichtigung und mögliche Prozess- Optimierung der involvierten Bereiche**

Für eine Optimierung vorhandener Prozesse besteht die Möglichkeit, unterschiedliche Ansätze zu nutzen. Man unterscheidet dazu ganz grundlegend quantitative und qualitative Verbesserungen.

Bei der quantitativen Verbesserung werden messbare Leistungen, wie etwa Kennzahlen, optimiert. Die Kennzahlen werden definiert und gemessen. Verändern sich die Kennzahlen zum Positiven, tritt eine Verbesserung ein, anderenfalls verschlechtern sich die Prozesse.

Werden Prozesse in qualitativer Weise bewertet, können unterschiedlichste Kriterien festgelegt werden, wie etwa die Reduzierung von Schnittstellen, die Reduzierung von beteiligten Personen oder die Reduzierung von Prozessschritten.

Das angestrebte Ziel der meisten Prozessverbesserungen ist es, die dafür notwendigen Kosten zu reduzieren. In beinahe allen wirtschaftlich denkenden Unternehmen ist der Hauptgrund für das Anstoßen von Prozessoptimierungen, Kosten zu senken<sup>64</sup>.

Als mögliche Methoden stehen dabei Prozessoptimierungen, Prozess- Reengineering, Prozessmusterwechsel oder auch ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess zur Verfügung.

Das Prozess-Reengineering beginnt wieder bei null, alle Prozesse werden radikal neu aufgestellt, d.h. es werden vollständig neue Prozesse gebildet. Entsprechend groß ist das Risiko, dass die Prozesse nicht adäquat neu aufgestellt werden.

---

<sup>64</sup> Vgl. Becker, Torsten; Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren; Springer- Verlag Berlin, 3. Auflage, 2018, S13 ff

Bei der Prozessoptimierung handelt es sich um einen Prozessumbau, bei dem vom Ist-Zustand ausgehend in kleinen oder auch großen Veränderungsschritten bestehende Prozesse in neue transformiert werden.

Der Prozessmusterwechsel verändert die Ausführungsform von Prozessen, mit welchem neue Arbeitsweisen umgesetzt und Leistungsverbesserungen bewirkt werden.

Im kontinuierlichen Verbesserungsprozess werden nach und nach mehrere kleine Verbesserungen angestoßen. Die einzelnen Schritte sind klein, können aber in Summe zu großen Veränderungen führen. Diese Prozessoptimierung ist in der Regel mit einem hohen Zeitaufwand verbunden<sup>65</sup>.

### **8.3.1 Überprüfen der aktuell entscheidungsbefugten Bereiche**

Wie in den unterschiedlichen Arbeitsweisen bereits ausgearbeitet wurde, ist die Anzahl an Personen, welche tatsächlich die Entscheidung über eine mögliche Reparatur treffen, bereits sehr eingeschränkt. Die Komponenten, welche repariert werden sollen, landen immer bei den Disponenten der jeweiligen Werke.

Sie sind am Ende auch diejenigen, die im Zweifelsfall für oder gegen eine Reparatur entscheiden. Sofern sie Hilfe benötigen, wird diese bei den Produktionsmechanikern eingeholt und gerne gegeben.

Einzig in der Baugruppenreparatur trifft nicht der Disponent die Entscheidung, sondern der Mechaniker als Spezialist in diesem Fachgebiet. Hier wäre eine Entscheidung durch den Disponenten nicht die richtige Wahl, da die Spezialisten aus ihrer eigenen Erfahrung die qualitativ besseren Entscheidungen treffen werden.

---

<sup>65</sup> Vgl. Becker, Torsten; Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren; Springer- Verlag Berlin, 3. Auflage, 2018, S22



Eine Zentralisierung der Entscheidungsstellen in ein einziges Werk als eine Abteilung kann zwar angedacht werden, beinhaltet aber wesentliche Nachteile, wie etwa

- Viel geringere Flexibilität
- Höherer Planungsaufwand
- Entscheidungen finden nicht vor Ort statt, das ist aber vielfach nötig, um die richtigen Entscheidungen einschätzen und treffen zu können
- Personal vor Ort kennt die Bedürfnisse besser
- keine Bildung von Spezialwissen, nicht so hohe Lerneffekte<sup>66</sup>

Aktuell ist klar definiert, wer die zuständigen Ansprechpartner sind. Der Kreis an Ansprechpersonen ist bereits sehr klein gehalten. Außerdem ist klar definiert, welcher Bereich welche Verantwortlichkeiten innehat und was die Ansprechpartner für Aufgaben haben – und das werksübergreifend mit einheitlichen Vorgaben. Zudem sind die Wege dorthin, zumindest aus organisatorischer, aber nicht immer aus physischer Sicht, sehr kurz und direkt.

Es spricht also nichts dagegen, die aktuellen Bereiche so zu belassen, wie sie sind. Um eine qualitativ hochwertige Ersatzteilbewirtschaftung zu ermöglichen, sind die bestehenden Strukturen effizient und effektiv und daher gut geeignet.

### **8.3.2 Reparaturdokumentation**

Um eine Auswertung der Reparaturprozesse zu ermöglichen, sollen diese in entsprechender Weise dokumentiert werden. Es können dann Rückschlüsse darauf gezogen werden

- Welche Komponente wie oft bei der Reparatur war
- Woher die Komponente stammt

---

<sup>66</sup> Vgl. Strunz, Matthias; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, Seite 542 ff

- Ob Maschinenoptimierungen möglich und/ oder nötig sind, wenn irgendwo überdurchschnittlich hohe Ausfälle festgestellt werden
- Wie hoch die Kosten der Reparatur sind/ waren
- Ob die gewählte Reparaturstrategie erfolgreich ist (also Geld einspart)

Folgende Informationen werden benötigt, um die Reparaturprozesse vollständig zu dokumentieren und sollten künftig immer auf der Reparaturdatenbank vermerkt werden:

- Typ/ Benennung der Komponente
- Reparaturdatum
- Aus welcher Anlage/Funktionseinheit stammt die Komponente
- Wie hoch ist die Taktzahl der Maschine/wie lange war die Komponente im Einsatz (sofern diese Daten nachvollziehbar sind)
- Durchgeführte Tätigkeiten + sämtliche getauschte Komponenten
- Benötigte Reparaturzeit
- Kennzeichnung an der reparierten Komponente zur Identifikation anbringen

Leider sind diese Informationen heute nicht durchgängig sauber verfügbar. In der Zerspanung im Werk 3 wird eine solche Dokumentation bereits geführt, allerdings wird nicht aufgezeichnet, woher die Komponenten stammen. Es wird auch kein Identifikationsmerkmal angebracht.

In der Baugruppenreparatur werden ebenfalls Aufzeichnungen auf einer eigenen „Reparaturdatenbank“ geführt, die jedoch nicht immer vollständig und korrekt ausgefüllt werden und somit keine zuverlässigen Rückschlüsse auf den Erfolg der durchgeführten Maßnahmen zulassen. Zumindest wird hier ein Identifikationsmerkmal angebracht, um reparierte Komponenten zu identifizieren.

Was die externen Komponenten angeht, so fehlt beides, sowohl Aufzeichnungen, was wann und wie repariert wurde und ebenso eine Identifikation reparierter Komponenten.

Hier besteht also definitiv Bedarf zu handeln. Die oben angeführten Daten sollten ab sofort für jede Reparatur in den Reparaturauftrag eingetragen und in eine zentrale Datenbank übertragen werden – auch wenn dann bei nicht mehr reparierbaren Komponenten „nicht rentabel“ vermerkt wird. Aber über einen Filter könnte dann auch nach diesem Kriterium sortiert werden, um zu prüfen, wie hoch der Anteil an tatsächlich reparierten Komponenten an den zur Reparatur abgegeben ist.

### 8.3.3 Kennzeichnen reparierbarer Komponenten

Bisher werden nur die Komponenten in der Baugruppenreparatur über eine Suffix-Nr. nachvollziehbar identifizierbar gemacht. Hier werden die Daten des Reparaturauftrags, welcher in Papierform beigelegt wird, ins EDV- System übertragen. Für eine Schwachstellenanalyse ist es allerdings zu wenig, diese Daten nur zu erfassen und zu verwalten. Erst durch die Erfahrung und die Kenntnisse der Instandhalter, kombiniert mit einer systematischen Auswertung der erfassten Daten, lässt sich eine langfristige Verbesserung erzielen.

Bei der Auswahl der entsprechenden Technologie gilt es gewisse Kriterien zu prüfen. So sind beispielsweise Barcodes in stark verschmutzten Umgebungen nicht geeignet und RFID-Chips teuer in der Anschaffung. Dagegen wird für Barcodes ein zusätzliches, meist recht teures Auslesegerät benötigt<sup>67</sup>. Eine eingravierte Suffix- Nr. ist dagegen recht günstig, aber auch anfällig bei schmutzigem Betrieb.

Es gibt also mittlerweile viele Möglichkeiten, wie eine solche Kennzeichnung erfolgen kann, über RFID- Chip, Bar-Code oder eben die eigens erstellte Suffix- Nr., Hauptsache, wir können den Reparaturenerfolg nachvollziehen.

Alle Technologien haben in diesem Fall aber zum Ziel, Komponenten eindeutig identifizierbar zu machen und die jeweiligen Schadensinformationen und Reparaturarbeiten nachvollziehbar und auswertbar zu dokumentieren.

Leider ist die Einführung eines geeigneten Systems nicht von heute auf morgen zu bewerkstelligen. Möglicherweise ist hierin ein zukünftiges Projekt zu sehen, wie die reparierten Komponenten am effektivsten gekennzeichnet werden können. Zumindest sollte auch für Bauteile und externe Komponenten vorerst gelten, dass eine Suffix-Nr. zum Reparaturauftrag erstellt und den Komponenten eingraviert wird, um eine Nachvollziehbarkeit der Reparatur zu ermöglichen.

---

<sup>67</sup>Vgl. Pawellek, Günther, Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, Vorgehensweisen, Methoden, Tools, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, S125

## 9 Abschluss

Am Ende der Diplomarbeit soll ein kurzer Überblick geboten werden, welcher einen Eindruck vom Inhalt ermöglicht, ohne die komplette Arbeit gelesen zu haben. Welchen Stellenwert die Instandhaltung im Betrieb einnimmt, erkennt man bereits daran, wie viel Literatur zu diesem Thema existiert. Umso erstaunlicher ist es, dass sich offenbar die wenigsten damit befassen, unter welchen Bedingungen eine Reparatur optimalerweise durchgeführt werden soll.

Am Ende der Diplomarbeit soll nun ein kurzer Überblick geboten werden, der einen Überblick über den Inhalt ermöglicht, ohne die komplette Arbeit gelesen zu haben.

### 9.1 Zusammenfassung

Instandhaltung ist ein wesentlicher Faktor in einer Volkswirtschaft. Die jährlichen Instandhaltungskosten belaufen sich allein in der EU insgesamt auf über 9 Billionen Euro!

Aus dieser Zahl wird klar, welchen Stellenwert Instandhaltung und Reparatur haben und welches Einsparungspotential sich darin verbirgt!

Redet man von Instandhaltung, umfasst es die Tätigkeiten Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung. Alle diese Tätigkeiten zielen darauf ab, Maschinen und Geräte möglichst ohne häufige und lange Ausfallzeiten am Laufen zu halten. Dazu kann sich die Instandhaltung verschiedener Taktiken bedienen. Hier wird ganz groß zwischen der reaktiven Inha und der präventiven Inha unterschieden. Die präventive Inha kann noch weiter unterteilt werden in eine periodisch vorbeugende Inha, eine zustandsabhängige Inha und eine vorausschauende Inha.

Mit einer Taktik alleine wird es kaum gelingen, eine effektive Instandhaltung zu betreiben. Viel zielführender ist es, einen Mix aus den Strategien zu finden, welcher zu einem vernünftigen Kosten-Nutzenverhältnis führt.

In diesem Zusammenhang ist die Wirtschaftlichkeit von hoher Bedeutung. Zwar kann die Wirtschaftlichkeit auch in Zahlen ausgedrückt werden, um eine Vergleichbarkeit zu erhalten. Doch ganz allgemein ist mit Wirtschaftlichkeit der sparsame Umgang mit knappen Gütern und Ressourcen gemeint. D.h., Betriebe müssen gut haushalten, um die nur begrenzt zur Verfügung stehenden Ressourcen Arbeit, Geld und Güter aller Art, wie Schmierstoffe, Ersatzteile usw. nicht zu verschwenden.

Es sind aber nicht nur die betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkte, welche eine Inha erforderlich machen. Gleichwohl gibt es auch gesetzliche Bedingungen hinsichtlich Sicherheit und Umweltschutz zu erfüllen.

Denn zum einen sind Betriebe dazu verpflichtet, ihre Maschinen stets in einem ordentlichen Zustand zu erhalten, damit das Verletzungsrisiko für das bedienende Personal möglichst klein gehalten wird.

Zum anderen gibt es auch gesetzliche Vorschriften, welche die Sicherheit der Maschinen in umwelttechnischen Belangen vorschreiben. So soll etwa durch das Sicherstellen der Funktionssicherheit das Auslaufen von Öl, Brauchwasser und der Rohstoffverbrauch im Allgemeinen durch beispielsweise verringerte Reibung durch optimale Schmierung minimiert werden.

Doch hierbei sollte nicht über das Ziel hinausgeschossen werden. Diese Tätigkeiten kosten viel Zeit und Geld. Der Aufwand für Instandhaltung kann grundsätzlich nicht abgeschrieben werden. Denn Ersatzteile aller Art zählen zum Umlaufvermögen und nicht zum Anlagevermögen. Und nur das Anlagevermögen darf abgeschrieben werden.

Überdies dient die Instandhaltung nicht einer Wertsteigerung, sondern lediglich einer vorzeitigen Wertminderung. Es soll damit also nur der vorzeitige Wertverlust auf null vermieden werden, was beispielsweise durch eine zerstörte Maschine die Folge wäre.

Schaut man sich nun unsere Instandhaltung an, sind übergreifend über alle Werke 4 Arbeitsweisen etabliert.

Allen Arbeitsweisen ist gemein, dass die Komponenten durch eine Kombination von periodischen Inspektionen und zustandsabhängigen Tätigkeiten in die Instandhaltung „eingeliefert“ werden, unabhängig davon, ob es sich um mechanische oder elektrische Komponenten handelt.

Müssen die Komponenten nun repariert werden bzw. wird entschieden, dass sie repariert werden können, kann dies entweder durch externe Firmen, meistens der Maschinen- oder Komponentenhersteller, oder intern geschehen. Während es extern nur eine Arbeitsweise für alle Teile gibt, besteht intern die Möglichkeit einer Reparatur/Instandsetzung vor Ort im Produktionswerk, in der zerspanenden Fertigung im Werk 3 oder in der Baugruppenreparatur im Werk 2 oder Werk 4.

Jeder dieser Workflows hat eine andere „Zielgruppe“ an Bauteilen und verfügt über andere involvierte Bereiche und eigene Entscheidungskriterien.

Hier nochmal im Überblick:

Extern: unter 50% vom Wiederbeschaffungswert = Reparatur ohne Nachfrage  
Über 50% wird die Reparatur nochmals hinterfragt

Intern – Baugruppenreparatur: keine wertmäßige Grenze, Komponenten müssen aber Neuzustand haben, d.h. mindestens Austausch aller Verschleißteile, wie Pneumatikzylinder, Führungen usw....ohne Berücksichtigung von deren Restlaufzeiten (schwer ermittel- oder feststellbar)

Intern – Zerspanung Werk 3: Bauteile müssen rechnerisch min. 50 Euro Ersparnis gegenüber dem Wiederbeschaffungswert aufweisen, aber derzeit ohne Mitberücksichtigung von internen Verwaltungsaufwänden

Intern – Werkstatt im Produktionswerk: Die Arbeiten sind entweder dringend und ein längerer Maschinenstillstand würde drohen, oder die Arbeiten sind schnell und unkompliziert selbst erledigt.

Betrachtet man die aktuellen Arbeitsweisen, so fällt durchgehend durch alle Werke und Bereiche auf, dass folgende Aussagen getroffen werden können:

- Es stehen in jedem Werk wenige, aber zentrale und gut geschulte Ansprechpersonen zur Verfügung
- Diese Personen sind als zuständige Ansprechpersonen bekannt
- Diese Personen wissen, was in welchem Fall zu tun ist
- Die Informationswege zu diesen Personen sind unkompliziert und kurz

Insofern darf man hier wohl durchaus von einer ressourcensparenden Arbeitsweise sprechen.

Möchte man nun aber beurteilen, wie wirtschaftlich, d.h. wie effizient und effektiv, die Entscheidungsmethoden genau sind, fällt eine Bewertung mangels Daten meistens recht schwer.

Effektiv ist ein Prozess dann, wenn er sein Ziel erreicht. In unsrem Fall ist das Ziel, ein Minimum an (ungeplanten) Maschinenstillständen mit möglichst wenigen neu gekauften, oft teuren Neuteilen zu erreichen. Effizient ist ein Prozess dann, wenn er sein Ziel mit einem Minimum an Aufwand erreicht. Hier stoßen wir an die Grenzen der Überprüfbarkeit. Einzig für die Reparatur in der Instandhaltung im Werk 3 existiert derzeit verlässliches Zahlenmaterial. Für die anderen Bereiche existieren entweder keine auswertbaren Daten, oder die Daten sind nicht vollständig genug.

Somit kann zwar aktuell mehr oder weniger nur abgeschätzt werden, ob die Inha effizient genug ist. Die zur Verfügung stehenden Daten lassen aber erkennen, dass bei intern erledigten Reparaturen durchaus Einsparungen durch die Reparaturen erzielt werden. Einzig der Workflow für externe Komponenten ist hier ein wenig fraglich, größtenteils aufgrund der mangelnden Nachvollziehbarkeit des Reparatur Erfolges. Es ist also durchaus Potential für Verbesserungen vorhanden.

Betrachtet man mögliche Verbesserungen, so muss man sich zuerst fragen, ob in gewissen Ausmaß ein Outsourcing Sinn machen könnte. Die Kosten für solche Dienstleistungen sind in den vergangenen Jahren deutlich gesunken, sodass es mittlerweile eine attraktive Möglichkeit ist, sich Fixkosten einzusparen. Für ein Outsourcing gewisser Aufgaben sprechen sowohl technologische wie auch personelle und/oder kapazitive Aspekte.

Doch bei dieser Entscheidung muss berücksichtigt werden, dass man sich hierbei in Abhängigkeit von Dritten begibt, sich also terminlich und auch fachlich auf andere verlassen muss. Somit muss genau geprüft werden, welche Aufgaben an externe Firmen vergeben werden, weshalb sie ausgelagert werden sollen und wie die vertragliche Ausgestaltung im Detail aussieht. Zudem muss die Möglichkeit berücksichtigt werden, dass Firmengeheimnisse nach außen getragen werden.

Geht man nun die Entscheidung für oder gegen eine Reparatur im Detail an, stößt man in der Literatur eher auf Schweigen. Zwar entstehen, wie bereits erwähnt, durch Instandhaltung alleine in der EU jedes Jahr Kosten in Höhe von etwa 9 Billionen Euro. Doch wann eine Reparatur Sinn macht, wird äußerst spärlich, besser gesagt so gut wie gar nicht untersucht.

Hier spricht man lieber von „wirtschaftlichem Totalschaden“ und bestellt Teile und Komponenten neu. Ökologische Aspekte werden zudem überhaupt nicht berücksichtigt.

Es bleibt also nichts weiter übrig, als die bestehenden Vorgaben zu hinterfragen. Es treten dadurch die Vorteile und Nachteile der jeweiligen Verfahren zutage. Bewertet man anschließend die Verfahren, stellt sich das Verfahren mit einer rechnerischen Ersparnis als das am besten geeignete Verfahren heraus. Es ist zwar nicht das schnellste Verfahren, eignet sich aber für teure und günstige Komponenten gleichermaßen und die jeweiligen Kosten und Ersparnisse zu ermitteln ist mit einem überschaubaren Aufwand zu bewerkstelligen. Zudem wird hier eine rechnerische Ersparnis zum entscheidenden Kriterium.

Betrachtet man letztlich auch noch die zur Entscheidung befugten Stellen, so ist erkennbar, dass der Personenkreis, welcher letztlich über Reparaturen entscheidet und in die Wege leitet, recht klein ist. Zudem sind diese Personen durchwegs bekannt, die Wege dorthin kurz und die Personen sehr gut mit ihren Aufgaben vertraut, sodass hier nicht zwingend gehandelt werden muss.

## 9.2 Handlungsempfehlung

Zunächst sollte wohl einmal ein System implementiert werden, welches eine detailliertere Aufzeichnung von Bauteilen erlaubt, die extern repariert werden. Aktuell lässt sich nur vermuten, ob hier Geld eingespart wird oder nicht. In welcher Form eine Kennzeichnung revidierter Teile erfolgen sollte, die bei Drittfirmen repariert werden, lässt sich auf die Schnelle nicht entscheiden. Es gilt hier, die Vor- und Nachteile der diversen Systeme genau zu untersuchen.

Ähnliches gilt für Bauteile, welche in der Baugruppenreparatur eine Überholung erfahren. Hier werden aktuell zwar Aufzeichnungen geführt, diese sind aber teilweise sehr unvollständig ausgefüllt und die erforderlichen Reparaturzeiten werden momentan auch nicht erfasst. Hier geht es aber, um das klarzustellen, nicht um die Überprüfung der Arbeitsleistung von Mitarbeitern, sondern um eine Nachvollziehbarkeit der Aufwände zwecks Überprüfung der Effizienz. Die Berichte sollten also gewissenhafter ausgefüllt werden. Am Wirkungsvollsten wäre eine Überarbeitung der Dokumentationsvorlagen, sodass gewisse Felder detaillierter ausgefüllt werden müssen.

Einzig die Reparatur in der zerspanenden Fertigung lässt aktuell Schlüsse auf eine erfolgreiche Reparatur zu. Dennoch gibt es auch hier Handlungsbedarf. Aktuell werden hier nämlich keine Verwaltungskosten mitberücksichtigt, wenn es um die Reparaturkosten geht. Es werden nur die Bauteilkosten betrachtet. Nimmt man die Verwaltungskosten



mit dazu, ergibt sich eine höhere Barriere, wenn es darum geht zu entscheiden, ab welchem Wert eine Reparatur überhaupt Sinn macht.

Auch die Reparatur in der Produktionswerkstatt sollte so belassen werden, wie sie ist. Hier funktionieren die Reparaturen unkompliziert und schnell. Jegliche Erweiterung mit Workflows, Dokumentationen und Verantwortlichkeiten hemmt die Instandhaltung in diesem Bereich und geht auf Kosten der Effizienz. Diese unkomplizierte Arbeitsweise sollte unbedingt bewahrt werden.

Als Empfehlung für den künftigen Reparaturworkflow wäre letztlich die Variante „Ersparnisbetrag“ zu nennen, da sich dieses Verfahren sowohl für interne, wie auch externe Reparaturen eignet und zudem auch für günstige und teure Komponenten gleichermaßen gut anwendbar ist. Dabei können die Entscheidungsbereiche und Personen unverändert bleiben, da bereits ein sehr eingeschränkter Personenkreis diese Entscheidungen trifft.

### **9.3 Konsequenzen**

Als Konsequenz der Diplomarbeit kann abschließend gesagt werden, dass es durchaus Potential für Verbesserungen gibt. Es läuft zwar nicht so unkoordiniert und so ineffizient, wie man das zuerst möglicherweise vermuten möchte. Dennoch können Verbesserungen erzielt werden.

Gerade wenn man sich vor Augen führt, welchen Anteil an den Produktionskosten der Instandhaltungsbereich verursacht, darf Instandhaltung nicht nur nebenher passieren, sondern muss ganz genau geplant und betrachtet werden.

Es macht also durchaus Sinn, die bestehenden Strukturen und Vorgaben des Instandhaltungsbereiches von Zeit zu Zeit zu hinterfragen.

Viele Bücher und Arbeiten widmen sich dem Thema „Instandhaltung“. Wie eine Ablauf- und Aufbauorganisation am besten funktionieren sollte, wird bücherweise beschrieben, ebenso, welche Arten von Instandhaltung und welche Vor- und Nachteile es dabei gibt.

Doch unter welchen Bedingungen eine Reparatur durchgeführt werden soll, wird wissenschaftlich noch wenig untersucht, obwohl auch hier viel Geld verschenkt oder gespart werden kann.

Auch wir müssen uns künftig im Bereich der Reparaturen an der Nase nehmen. Gerade das Dokumentationswesen muss überarbeitet werden. Weg von zusammenhangsloser Dokumentation, hin zu auswert- und vergleichbaren Daten.

Blickt man in die Zukunft, so rückt das bereits seit Jahren zunehmende Konzept des Total Productive Maintenance, kurz TPM, auch bei uns immer mehr in den Fokus. Das Ziel von TPM ist eine Maximierung der Gesamtanlageneffektivität. Es gilt, Verschwendung zu vermeiden, damit der Output bei einem minimalen Mitteleinsatz in Bezug auf Personal, Maschinen und Material maximiert werden kann. Es fordert im Prinzip eine „Null-Verluste-Philosophie“, also absolut keine Störungen, Null Fehler und ebenso keine Unfälle <sup>68</sup>.

Die bedeutet also folglich wirklich absolut keine ungeplanten Anlagenausfälle.

Damit dieses Ziel erreicht werden kann, wird Condition Monitoring wohl auch immer wichtiger und intensiver genutzt werden. Condition Monitoring bedeutet, dass der Zustand entweder von Teilen oder sogar von ganzen Anlagen durch Computer überwacht wird. Dies führt in der Regel zu einer Steigerung der Anlagenverfügbarkeit. Eine Folge davon ist, dass nicht nur der gesamte Anlagenzustand überwacht werden kann, sondern sogar die ganze Anlagengeschichte aufgezeichnet wird und damit Analysen von Fehlern, Fehlerhäufigkeit und Störungen leicht durchgeführt werden können. Somit ist es wiederum möglich, Komponenten früh genug auszubauen, um ungeplante Anlagenstillstände zu vermeiden <sup>69</sup>.

Folglich kann sich die Instandhaltung auch vor „Industrie 4.0“ nicht mehr ewig verstecken. Hier werden bisweilen getrennt verlaufende Entwicklungen in der Informations- und Kommunikationstechnologie einerseits mit den Entwicklungen in der Produktion andererseits verbunden.

---

<sup>68</sup> Vgl. Schröder, Werner; Ganzheitliches Instandhaltungsmanagement, Aufbau, Ausgestaltung und Bewertung, Gabler Fachverlage, Wiesbaden, 2010, S145

<sup>69</sup> Vgl. Pawellek, Günther, Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, Vorgehensweisen, Methoden, Tools, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, S161

Zur Umsetzung sind sowohl das „Internet der Dinge“ als auch CPS (Cyber Physical Systems) nötig. Als CPS wird ein Netzwerk von Computern bezeichnet, die mit kleinen Aktoren und Sensoren ausgestattet sind und in Maschinen und Geräte eingebaut werden. Das Internet verbindet diese Computer, Maschinen, Geräte usw..<sup>70</sup>

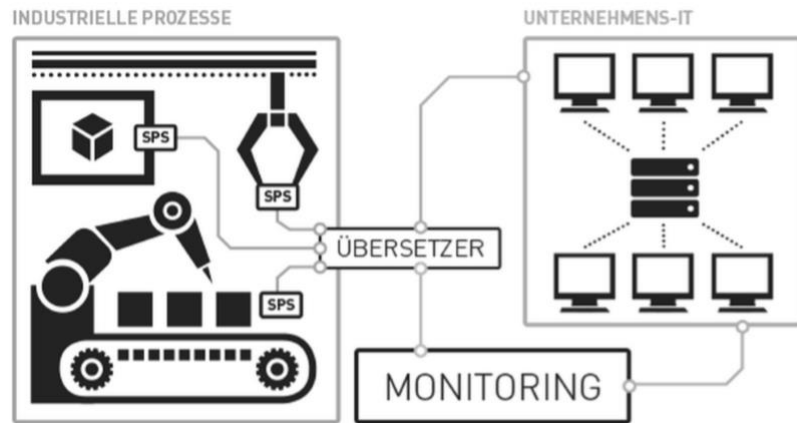


Abbildung 28: Überwachung von industriellen Inha- Prozessen

Quelle: Pawellek; Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, S11

Die Folgen der Umsetzung von „Industrie 4.0“ können deutlich gesteigerte Reaktionsgeschwindigkeiten und geringere Fehlerraten, verkürzte Leerlaufzeiten und eine hohe Effizienz in der Produktion sein. Da Werkzeuge und Maschinen großflächig mit Sensoren versehen werden, können sie selbstständig Störungen sofort melden. Inha-Tätigkeiten werden somit immer weniger nach Fristen, sondern immer häufiger nach Bedarf durchgeführt<sup>71</sup>.

Man sieht also, auch die Entwicklungen in der Instandhaltung bleiben nicht stehen. Es gilt auch hier, immer am Zahn der Zeit zu bleiben und in gewissen Abständen die aktuellen Prozesse und Tätigkeiten zu hinterfragen.

<sup>70</sup> Vgl. Pawellek, Günther, Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, Vorgehensweisen, Methoden, Tools, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, S11

<sup>71</sup> Vgl. Pawellek, Günther, Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, Vorgehensweisen, Methoden, Tools, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, S12

# Literaturverzeichnis

## Bücher, Monographien

Birolini, Alessandro; Zuverlässigkeit von Geräten und Systemen, Springer Verlag, 2013, S3

Becker, Torsten; Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren; Springer- Verlag Berlin, 3. Auflage, 2018, S7

Becker, Torsten; Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren; Springer- Verlag Berlin, 3. Auflage, 2018, S8

Becker, Torsten; Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren; Springer- Verlag Berlin, 3. Auflage, 2018, S13

Becker, Torsten; Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren; Springer- Verlag Berlin, 3. Auflage, 2018, S22

Bertsche, Bernd; Göhner, Peter; Jensen, Uwe; Schinköthe, Wolfgang; Wunderlich, Hans-Joachim, Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme; Grundlagen und Bewertung in frühen Entwicklungsphasen, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, 2009, S9

Bertsche, Bernd; Göhner, Peter; Jensen, Uwe; Schinköthe, Wolfgang; Wunderlich, Hans-Joachim, Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme; Grundlagen und Bewertung in frühen Entwicklungsphasen, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, 2009, S3

Daum, Andreas; Greife, Wolfgang; Przywara, Rainer; BWL für Ingenieurstudium und – Praxis, Springer Fachmedien Wiesbaden, 3. Auflage, 2018, S88

Früh, Karl Friedrich; Handbuch der Prozessautomatisierung, Prozessleittechnik für verfahrenstechnische Anlagen, Oldenbourg Industrieverlag, 4. Auflage, 2009, S55

Händler, Jürgen; Gonschorek, Torsten: Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure: Lehr- und Praxisbuch, Carl-Hanser Verlag, München, 2016, Seite 185

Händler, Jürgen; Gonschorek, Torsten: Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure: Lehr- und Praxisbuch, Carl-Hanser Verlag, München, 2016, Seite 187

Jung Erceg, Petra; Kinkel, Steffen; Lay, Gunter; Controlling produktbegleitender Dienstleistungen; Methoden und Praxisbeispiele zur Kosten und Erlössteuerung, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2003, S96

Ladengruber, Roland; Web basierte Lösung zur mobilen Erfassung von Instandhaltungssystemen im Zusammenhang mit SAP als ERP System, Disserta Verlag, 2014, S35

Ladengruber, Roland; Web basierte Lösung zur mobilen Erfassung von Instandhaltungssystemen im Zusammenhang mit SAP als ERP System, Disserta Verlag, 2014, S37

Leidinger, Bernhard; Wertorientierte Instandhaltung, Kosten senken, Verfügbarkeit erhalten, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2014, Seite 5

Leidinger, Bernhard; Wertorientierte Instandhaltung, Kosten senken, Verfügbarkeit erhalten, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2. Auflage, 2014, S16

Leidinger, Bernhard; Wertorientierte Instandhaltung, Kosten senken, Verfügbarkeit erhalten, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2. Auflage, 2014, S18

Leidinger, Bernhard; Wertorientierte Instandhaltung, Kosten senken, Verfügbarkeit erhalten, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2. Auflage, 2014, S20

Matyas, Kurt; Instandhaltungslogistik, Qualität und Produktivität steigern, Carl Hanser Verlag München, 5. aktualisierte Auflage, 2013, S67

Matyas, Kurt; Instandhaltungslogistik, Qualität und Produktivität steigern, Carl Hanser Verlag München, 5. aktualisierte Auflage, 2013, S68

Pawellek, Günther, Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, Vorgehensweisen, Methoden, Tools, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, S11

Pawellek, Günther, Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, Vorgehensweisen, Methoden, Tools, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, S12

Pawellek, Günther, Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, Vorgehensweisen, Methoden, Tools, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, S57

Pawellek, Günther, Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, Vorgehensweisen, Methoden, Tools, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, S68

Pawellek, Günther, Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, Vorgehensweisen, Methoden, Tools, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, S70

Pawellek, Günther, Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, Vorgehensweisen, Methoden, Tools, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, S125

Pawellek, Günther, Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, Vorgehensweisen, Methoden, Tools, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, S161

Pawellek, Günther, Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, Vorgehensweisen, Methoden, Tools, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, S272

Quick, Reiner; Wurl, Hans-Jürgen, Doppelte Buchführung, Grundlagen – Übungsaufgaben – Lösungen, Springer Fachmedien Wiesbaden, 3. Auflage, 2012, S89

Rasch, Alejandro Alcalde; Erfolgspotential Instandhaltung; Theoretische Untersuchung und Entwurf eines ganzheitlichen Instandhaltungsmanagements, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2000, S67

Rasch, Alejandro Alcalde; Erfolgspotential Instandhaltung; Theoretische Untersuchung und Entwurf eines ganzheitlichen Instandhaltungsmanagements, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2000, S68 ff

Rößler, Bettina; Abgrenzung und Bewertung von Vermögensgegenständen; Abschreibung und Verlustfreie Bewertung gemäß HGB und BFH-Rechtsprechung, Gabler Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden, 2012, S58

Schenk, Michael; Instandhaltung Technischer Systeme, Methoden und Werkzeuge zur Gewährleistung eines sicheren und wirtschaftlichen Anlagenbetriebs, Springer-Verlag Berlin- Heidelberg, 2010, S16

Schenk, Michael; Instandhaltung Technischer Systeme, Methoden und Werkzeuge zur Gewährleistung eines sicheren und wirtschaftlichen Anlagenbetriebs, Springer-Verlag Berlin- Heidelberg, 2010, S28

Schenk, Michael; Instandhaltung Technischer Systeme, Methoden und Werkzeuge zur Gewährleistung eines sicheren und wirtschaftlichen Anlagenbetriebs, Springer-Verlag Berlin- Heidelberg, 2010, S33

Schröder, Werner; Ganzheitliches Instandhaltungsmanagement, Aufbau, Ausgestaltung und Bewertung, Gabler Fachverlage, Wiesbaden, 2010, S2

Schröder, Werner; Ganzheitliches Instandhaltungsmanagement, Aufbau, Ausgestaltung und Bewertung, Gabler Fachverlage, Wiesbaden, 2010, S145

Strunz, Matthias; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, Seite 1

Strunz, Matthias; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, Seite 2

Strunz, Matthias; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, Seite 4

Strunz, Matthias; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, Seite 68/69

Strunz, Matthias; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, Seite 76

Strunz, Matthias; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, Seite 84

Strunz, Matthias; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, Seite 542 ff

Strunz, Matthias; Instandhaltung, Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, Seite 550

Schwab, Adolf; Managementwissen für Ingenieure: Wie funktionieren Unternehmen, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg, 5. Auflage, S374

Von Fürstenwerth, Jörg; Weiß, Alfons; Versicherungsalphabet, Begriffserläuterungen der Versicherung aus Theorie und Praxis, Verlag Versicherungswirtschaft, Karlsruhe, 2001, 10. Auflage, S528

Wegmann, Jürgen; Betriebswirtschaftslehre mittelständischer Unternehmen, Oldenbourg-Verlag München Wien, 2006, S256

Weißbach, Andreas; Professionelles Instandhaltungsmanagement; Strategie-Organisation-Kooperation, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2017, Seite 19

Weißbach, Andreas; Professionelles Instandhaltungsmanagement, Strategie – Organisation – Kooperation, Erich Schmidt Verlag Berlin, 2017, S70

Weißbach, Andreas; Professionelles Instandhaltungsmanagement, Strategie – Organisation – Kooperation, Erich Schmidt Verlag Berlin, 2017, S147

**Internet**

<http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008910>, abgerufen am 31.03.2018

<http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20000727>, abgerufen am 31.03.2018

[https://www.bmf.gv.at/steuern/selbststaendige-unternehmer/betriebsausgaben/ba-abschreibung.html#Nutzungsdauer\\_und\\_Abschreibungssatz](https://www.bmf.gv.at/steuern/selbststaendige-unternehmer/betriebsausgaben/ba-abschreibung.html#Nutzungsdauer_und_Abschreibungssatz), abgerufen am 31.03.2018

<https://www.jusline.at/gesetz/ugb/paragraf/203>, abgerufen am 31.03.2018

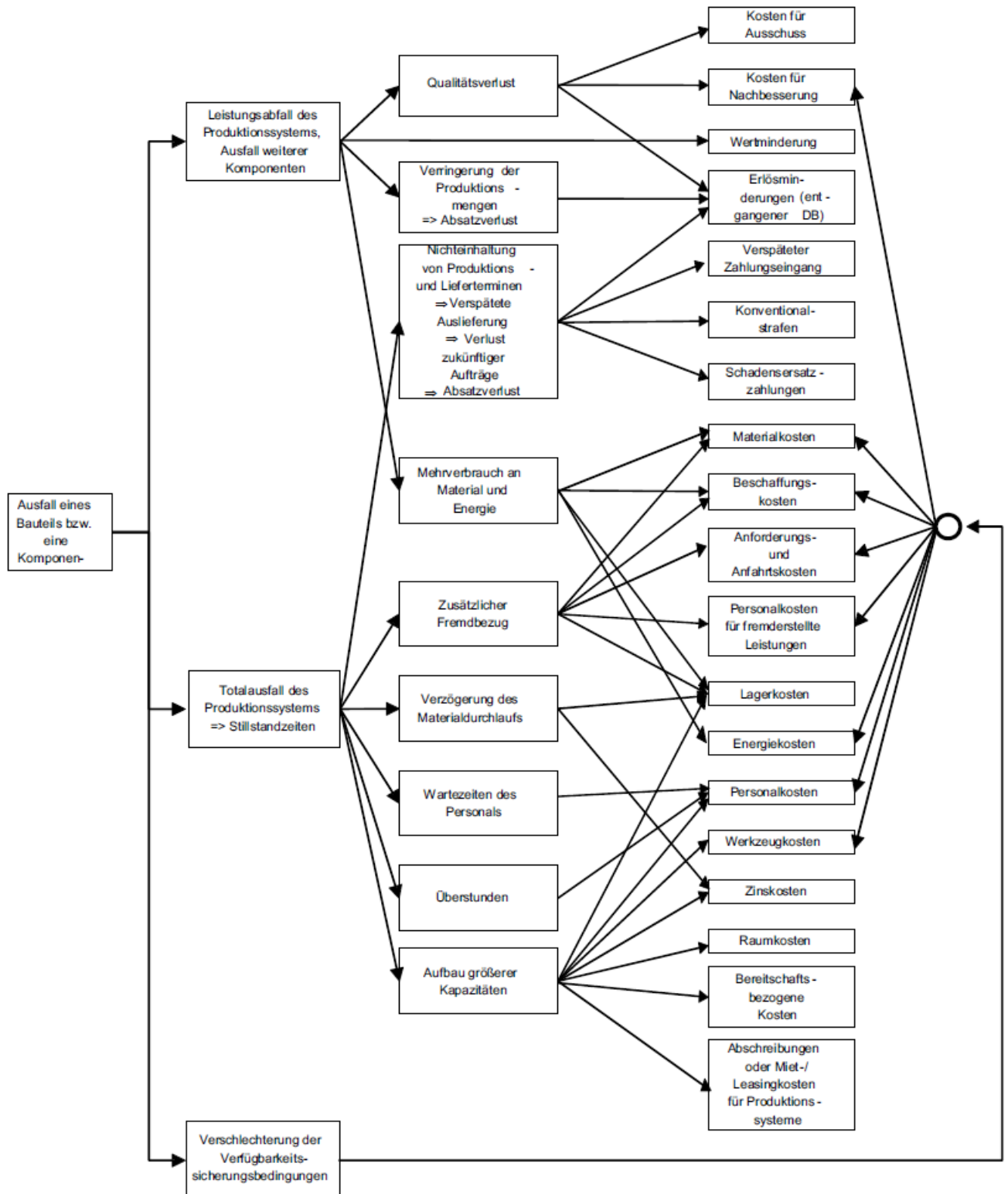
<http://www.mein-wirtschaftslexikon.de/p/preis-leistungsverhaeltnis.php>; abgerufen am 20.05.2018

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/wirtschaft-umwelt/umwelt-energiemanagement/iso-14001-umweltmanagementsystemnorm#textpart-2>, abgerufen am 01.04.2018



# Anlagen

## Anlage 1



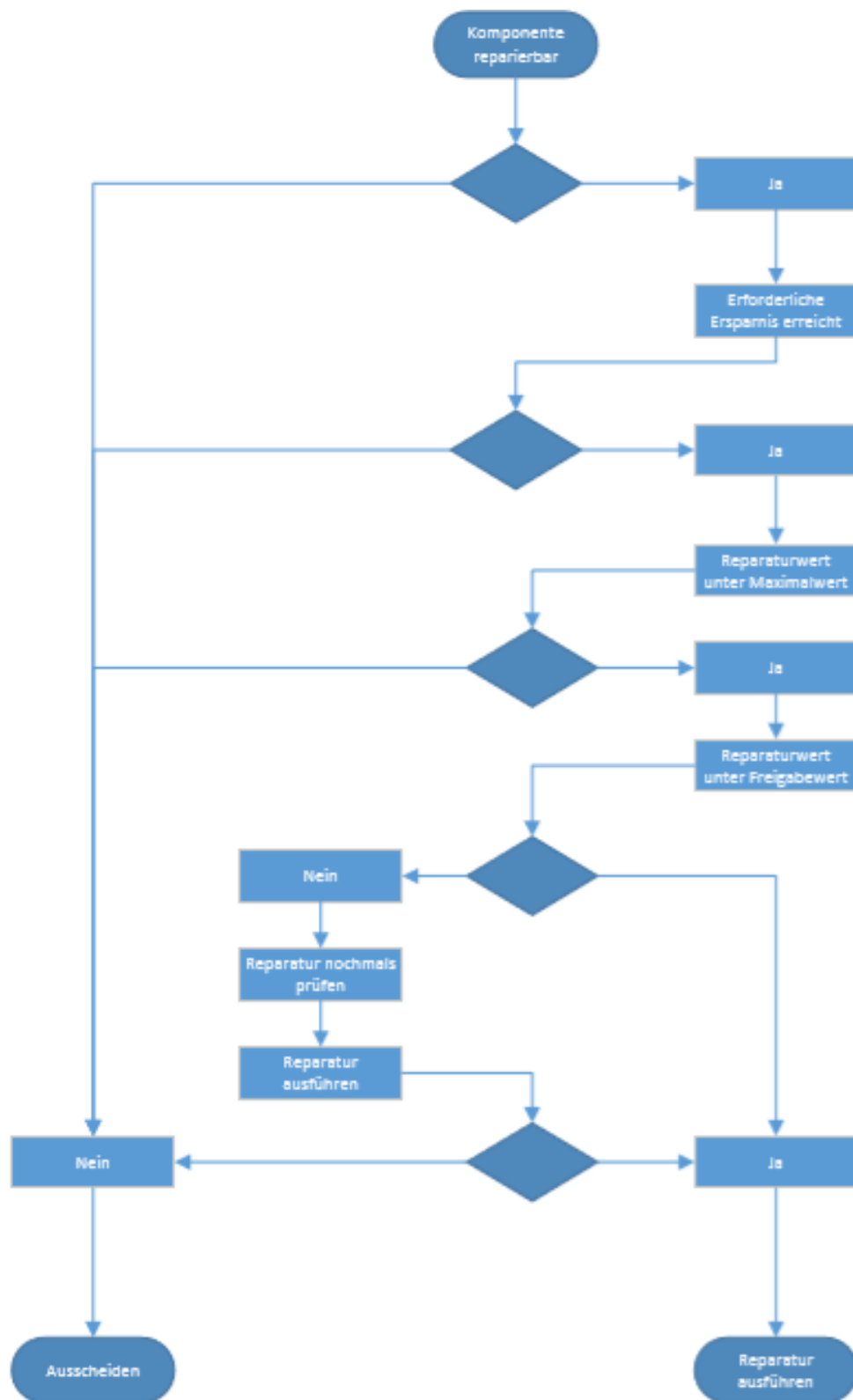
## Anlage 2

Reparaturvariante	Voraussetzung	Bemerkung	Kritik
Werkstatt	Keine lange Bearbeitungszeit oder dringende Reparatur	Entscheidung und Aufwand liegen im Ermessen des ausführenden Mechanikers	Kein Aufzeichnungen über die Reparaturen <b>Somit keine Aussage über Wirtschaftlichkeit möglich</b>
Baugruppenreparatur	Standard- Baugruppe oder Komponenten, welche öfter im Einsatz sind Baugruppen, die leicht repariert werden können	Komponenten müssen nach der Rep. quasi "Neuzustand" haben Der überweisende Anteil an abgegebenen Baugruppen kann repariert werden Reparatur liegt im Ermessen des ausführenden Mechanikers Lehrlinge führen viele Tätigkeiten aus (Lerneffekt)	Nicht nur defekte Teile werden getauscht Durch den Ausbildungsauftrag der Lehrlinge werden auch mal nicht reparaturwürdige Bgr. repariert Keine Aufzeichnungen über nicht reparaturwürdige Bgr., welche zu Lehrzwecken doch repariert werden <b>Aussage über Wirtschaftlichkeit somit sehr schwer bzw. nicht wirklich aussagekräftig</b>
Einzelteilreparatur im Werk 3	Bauteile sind reparierbar bzw. können nachgearbeitet oder geschärft werden	Rechnerisch muss auf dem Papier eine Ersparnis gegeben sein, damit die Reparatur durchgeführt wird	Verwaltungstechnischer Aufwand wird bei der Kostengegenüberstellung derzeit nicht berücksichtigt Alles unter 100Euro Neupreis wird nicht repariert Nötige Ersparnis min. 50 Euro <b>Sind diese Kosten bekannt, kann die Wirtschaftlichkeit/ rentabilität betrachtet werden</b> <b>1. Sind wir tatsächlich günstiger</b> <b>2. Müssen die Vorgaben geändert werden</b>
Externe Reparatur	Reparatur intern nicht möglich (fehlendes Know-How oder fehlende Maschinenausstattung) Kapazitäten intern nicht ausreichend (Make or Buy)	Reparatur bei externen Partnern generell erst ab einem Wert von 300-400 Euro Alles mit Rep.- Wert unter 50% des Neuwertes wird grundsätzlich repariert Alles mit Rep.- Wert über 50% wird hinterfragt bzw. wird in manchen Bereichen auch automatisch ohne neuerliche Prüfung neu bestellt statt repariert	Wert lässt Spielräume zu Sehr hoher Rep.- Wert 50%- Marke ist zu hinterfragen Bei niedrigem Rep.- Wert keine Prüfung der Nutzungsdauerverl. Auch über 50% Marke sind Rep. gerade bei teuren Maschinen rentabel, da bei entsprechender Nutzungsdauerverl. ein Einsparungspotenzial vorhanden ist <b>Wirtschaftlichkeit darf in Frage gestellt werden, kann aber nicht überprüft werden, da reparierte Teile nicht gekennzeichnet werden</b>

## Anlage 3

Achse	Neu-Preis	50% Grenze	Summe Kosten der Verschleißteile	Anteil Rep-Kosten an Beschaffungsk. In%	Neupreis minus Verschleißteile	Verbleibende Arbeitsstunden	Verbleibende Arbeitsstunden bis 50%
1	755	377,5	152	20,13	603	12,06	4,51
2	848	424	218	25,71	630	12,6	4,12
3	1018	509	217	21,32	801	16,02	5,84
4	489	244,5	138	28,22	351	7,02	2,13
5	488	244	138	28,28	350	7	2,12
6	568	284	143	25,18	425	8,5	2,82
7	665	332,5	158	23,76	507	10,14	3,49
8	756	378	280	37,04	476	9,52	1,96
9	940	470	278	29,57	662	13,24	3,84
10	819	409,5	187	22,83	632	12,64	4,45
11	1178	589	358	30,39	820	16,4	4,62
12	582	291	109	18,73	473	9,46	3,64
13	692	346	132	19,08	560	11,2	4,28
14	520	260	145	27,88	375	7,5	2,3
Greifer							
1	398	199	160	40,20	238	4,76	0,78
2	392	196	182	46,43	210	4,2	0,28
3	953	476,5	236	24,76	717	14,34	4,81
4	511	255,5	103	20,16	408	8,16	3,05
5	650	325			650		6,5
Dreh-EH							
1	2054	1027	607	29,55	1447	28,94	8,4
2	1154	577	394	34,14	760	15,2	3,66
3	535	267,5	141	26,36	394	7,88	2,53
4	445	222,5	98	22,02	347	6,94	2,49
5	1985	992,5	385	19,40	1600	32	12,15
6	1336	668	525	39,30	811	16,22	2,86

## Anlage 4



## Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

---

Ort, Datum

Vorname Nachname